

Міністерство освіти і науки України  
Національна Академія наук України  
Академія технологічних наук України  
Інженерна академія України  
Університет Гліндор, м. Рексхем, Великобританія  
Технічний університет Лодзі, Польща  
Технічний університет м. Рига, Латвія  
Технологічний університет м. Таллінн, Естонія  
Університет Екстрамадура, м. Бадахос, Іспанія  
Гомельський державний університет ім. Ф. Скорини, Білорусь  
Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС) НАН України  
Інститут прикладної математики ім. М.В. Келдиша РАН, м. Москва, Росія  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка  
Чернігівський національний технологічний університет

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ  
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ  
МОДС 2019**

**XIV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

*24 - 26 червня 2019 р.*

Тези доповідей



**Чернігів  
2019**

УДК 004.94(063)

Друкується за рішенням вченої ради Інституту проблем математичних машин та систем НАН України.

**Редакційна колегія:**

Литвинов В. В. д.т.н., професор, ЧНТУ

Скітер І.С. к.ф.мат.н., доцент, ЧНТУ

Войцеховська М.М., аспірант, ЧНТУ

Нехай В.В., асистент, ЧНТУ

**М 34 Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2019 : тези доповідей Чотирнадцятої міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 24 - 26 червня 2019 р.) / М-во осв. і наук. України, Нац. Акад. наук України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія України та ін. - Чернігів : ЧНТУ, 2019. – 408 с.**

ISBN 978-617-7571-58-1

У збірник включені тези доповідей, які були представлені на конференції “Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2019”. В доповідях розглянуті наукові та методичні питання з напрямку моделювання складних екологічних, технічних, фізичних, економічних, виробничих, організаційних та інформаційних систем з використанням математичних та імітаційних методів.

УДК 004.94(063)

ISBN 978-617-7571-58-1

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЇ ТА ГЕОЛОГІЇ

<b>Мадерич В., Терлецька К., Бровченко І., Беженар А.</b> Моделювання літньої циркуляції в морі беллінсгаузена.....	18
<b>М. V. Pashynov</b> Dismantling a metal farm on the roof of the 4th unit of the chernobyl npp. Scenarios of work and the calculation of the accumulated doses of personnel when performing radiation-hazardous work .....	20
<b>R. O. Synkevych, S.Y. Maistrenko, I. V. Kovalets</b> Design of the web system for identification of the unknown source of radioactive contamination .....	24
<b>S. Vyzhva, O. Shabatura, Mizernaya M., V. Onyshchuk, I. Onyshchuk</b> Discrimination of lithological types of the runovshchyna area for alpha and beta activity .....	28
<b>С. А. Паскевич, С. С. Підберезний</b> Комп'ютерне моделювання діяльності на об'єктах з радіаційно-небезпечними умовами .....	32
<b>В.В. Жихаревич, К.П. Газдюк, С.Е. Остапов</b> Моделювання процесів саморегенерації та самореплікації методом рухомих клітинних автоматів із взаєморівноважним оточенням.....	34
<b>Костичева К.Ю.</b> Формалізація задачі розподілу територій для обслуговування .....	38

<b>К.В. Хурцилава, В.А.Литвинов, С.Я.Майстренко</b> Моделирование и сравнительный анализ характеристик некоторых пространственно-временных моделей геоданных на примере сферы управления лесным хозяйством.....	41
<b>С.Л. Ківва, С.Я.Майстренко, Т.О. Донцов-Загреба, І.В.Ковалець</b> Розробка веб-інтерфейсу для навчальної бібліотеки чисельних методів розв'язання рівняння адвективно- дифузійного переносу .....	45
<b>Р.В. Беженар</b> Фізіологічна модель накопичення радіонуклідів у рибі .....	49
<b>Пархоменко Б.М., Ткачук Н.О., Щипун О.В.</b> Система дистанційного моніторингу показників мікроклімату .....	53
<b>О.В.Халченков, І.В.Ковалець</b> Використання моделі calpuff для моделювання радіоактивного забруднення внаслідок аварії на чорнобильській аес.....	55
<b>М.В.Савельєв</b> Система прогноза радиационной обстановки оу и нбк.....	59
<b>С.В. Коваленко, М.Є. Сахно</b> Моделювання процесів геосистемного моніторингу лісових територій .....	61
<b>А.О.Демиденко, Є.А.Демиденко,</b> Якою має бути сучасна спр для екологічного врядування? .....	63

**СЕКЦІЯ 2**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО**  
**МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ У ВИРОБНИЦТВІ**

<b>K. Dergachov, L. Krasnov, O. Cheliadin, O. Plakhotnyi</b> Color correction method in stereoscopic vision systems and its practical realization .....	68
<b>О.І. Лактіонов</b> Залежність точності відбору верстатника методом лінійної згортки від зростання кваліфікаційного розряду .....	71
<b>D. Leontiev, V. Klimenko, M. Mykhalevych, Y. Don, A. Frolov</b> Simulation of working process of the electronic brake system of the heavy vehicle.....	76
<b>Lyudmyla Kuzmych, Dmytro Ornatskyi, Volodymyr Kvasnikov</b> Development of the intelligent instrument system for monitoring the parameters of the stress - strain state of complex structures .....	79
<b>S.G. Radchenko, S.M. Lapach</b> Mathematic simulation of glue joints strength characteristics .....	83
<b>Я.А. Савицька, В.В. Смолій, В.Г. Шелестовський</b> Методи підвищення ефективності управління аграрним підприємством.....	86
<b>К.С. Курочка, К.А. Панарин, Д.Н. Трубенюк</b> Численное моделирование взаимовлияние двух пар наночастиц на электромагнитное полз в ближней зоне методом векторных конечных элементов .....	90
<b>V.A. Mashchenko, V.V. Drevetskiy, I.V. Dilay</b> Modeling of the electrostatic separation of mixtures particles of polymeric materials.....	94

**А.О.Вихляєва та В.Д.Попенко**  
Дослідження впливу знижки на економічну ефективність  
реалізації товару .....99

**А.П. Кожушко, О.Л. Григор'єв**  
Математичне моделювання руху вільної поверхні рідини в  
сільськогосподарських цистернах..... 102

**Л.М. Колечкіна, Ю.О. Литвиненко**  
Використання статистичного аналізу для моделювання  
економічних показників підприємства .....105

**К.С.Курочка, Е.В.Комракова**  
Расчет температурных полей в системе колodka-колесо  
возникающих при торможении рельсового транспорта .....107

**Ю.М. Шишман**  
Моделювання системи підтримки прийняття рішень  
користувачем під час процесу сортування вторинної  
сировини .....109

**Ю.Ю. Мартинюк**  
Моделювання достатніх умов оптимальності розкладів  
виконання робіт машинами .....113

**І. М. Лаппо, Н. В. Сокоринська,  
В. М. Авраменко, М. О. Сенькович**  
Аналіз впливу температури зони різання на точність  
діаметральних розмірів під час обробки отворів  
комбінованим інструментом.....117

### **СЕКЦІЯ 3**

## **СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

**В.М. Томашевський**  
Парадигми імітаційного моделювання .....128

<b>Lyakhov O.L. Doctor of engineering, Melnyk M.A.</b> Text compression based on dictionary .....	132
<b>Л.В. Зінченко</b> Математичне моделювання в сфері освіти .....	137
<b>І.А. Бурмака</b> Можливості використання мікросервісної архітектури в інформаційних системах об'єктів критичної інфраструктури.....	140
<b>I.V. Shostak, A.V. Cherevatenko</b> Decision-making information support for organizing the movement of municipal passenger electric transport .....	144
<b>John N. Davies, Mariya Verovko, Alina Posadska, Iryna Solomakha</b> Qa with simulation of real-time network environments for costs saving .....	148
<b>P.G. Demidov, K.O. Palahuta</b> Recursive technologies of multilevel structures modelling by means of the visual prolog language on the example of the task of completing of products .....	152
<b>I.M.Domanetska, Y.O.Khrolenko</b> Semantic models in the design of intelligent systems .....	156
<b>Ю.М. Лисецкий</b> Модели построения центров обработки данных .....	160
<b>Голуб С.В., Михайлик О.М.</b> Синтезатор моделей для системы мониторингу кібератак .....	163
<b>О.В. Черноіван, О.В. Трунова</b> Проектування плагіну оцінки компетенцій на базі платформи moodle з використанням ег-діаграм .....	164

<b>T.V. Neskorođieva</b> Formalization method of the first level variables in the audit systems it .....	167
<b>N.D. Pankratova, V.A. Pankratov</b> Modelling of complex technical object operation as physical model for cyber-physical system .....	170
<b>K.V. Zashcholkin, O.V. Drozd, O.M. Ivanova, R.O. Shaporin</b> Modification for the integrity analysis method of the fpga program code .....	174
<b>O.V. Dmytrenko, D.V. Lande, O.V. Andriichuk</b> Method for searching of an optimal scenario of impact in cognitive maps during information operations recognition .....	176
<b>V.Sheketa, M.Chesanovskyy, T.Styslo, Y.Romanyshyn, L.Poterailo</b> Case-based modelling of data and knowledge .....	177
<b>A.M. Хошаба, В.В. Литвинов</b> Разработка модели нагрузочных воздействий на базу данных .....	181
<b>К.М. Фокін., В.В. Нехай</b> Процес вибору хмарних іт-сервісів .....	186
<b>Anatoliy Tymchenko Hryhoriy Zaspа</b> System analysis of methods of computer modeling and optimization .....	189
<b>A. Zadorozhnii, M. Dorosh, I. Bohdan, L. Svetenok</b> Using the agent-oriented simulation model finding route parameters in an automated public transport management system .....	191
<b>Коваленко М.А.</b> Автоматизована системи робочих потоків на основі ациклічних графів .....	195



<b>Г.М. Гулак В.І Кашук</b> Онтологія інформаційної безпеки електронного бізнесу .....	198
<b>В.І. Гур'єв, І.В.Фірсова</b> Аналіз засобів безпеки хмарних технологій .....	201
<b>Авраменко А.С., Голуб С.В.</b> Підвищення швидкості навчання моделей в моніторингових інтелектуальних системах .....	205
<b>Е.А. Бородина, С.П. Алёшин</b> Применение искусственного интеллекта совместно с облачными технологиями .....	209
<b>К.М. АНИЩЕНКО, О.Г. ЖДАНОВА, М.О. СПЕРКАЧ,</b> Модельовання стратегій мотивації користувачів у децентралізованих мережах .....	211
<b>С.О. Заїка, А.Т. Лобурець</b> Використання інформаційних технологій при вивченні фазових перетворень в термодинамічних системах різної природи .....	215
<b>А. І. Антонюк, О. А. Антонюк, В. В. Русінов</b> Модельовання процесу відвідування консультацій студентом, працюючим над курсовим проектом з використанням хмарних технологій .....	217
<b>О.С. Работай, О.В. Трунова</b> Проектування плагіну для впровадження компетентнісного підходу в системі moodle .....	220
<b>Скігер І С, Трунова О В</b> Системний підхід до забезпечення кібернетичної безпеки об'єктів критичної інфраструктури .....	223
<b>В.В.Литвинов, І.С.Скігер, А.Г.Гребенник</b> Нейро-імунний алгоритм ідентифікації нестандартної поведінки комп'ютерних мереж .....	228

<b>Г.О. Мадоян</b> Моделювання розпізнавання зображень методами паралельних обчислень з використанням нейронних мереж .....	232
<b>Журко Д. О., Соколенко Ю. М., Міщенко М. В.</b> Створення моделі нейронної мережі для сегментації зображень .....	236
<b>В.Ф.Гречанінов, М.О.Андросенко</b> Особливості побудови мережі ситуаційних центрів сектору безпеки й оборони .....	239
<b>А.Н. Нагорная</b> Максимизация целевой функции на множестве размещений .....	242
<b>О.О. Бородіна, М.М. Капко</b> Формування перекладацької компетенції за допомогою сучасних інформаційних технологій .....	246
<b>О.О. Бородіна, А.М. Гафіяк, А.Є. Виповська, М.С. Модіна</b> Проблеми безпеки даних у хмарних технологіях .....	248
<b>О.О. Бородіна, А.М. Гафіяк, Б.В. Синягівський, В.О. Дашевський</b> Використання мови програмування с++ при створенні сучасних програмних продуктів.....	250
<b>О.О. Бородіна, А.М. Гафіяк, О. С. Скорбатьюк, І. А. Іщенко</b> Мови програмування, які використовуються при створенні сучасних ігор.....	252
<b>О.О. Бородіна, А.М. Гафіяк, О.Р. Білобров, С.Д. Просветов</b> Майбутнє ігрової індустрії. Unreal engine .....	254
<b>О.О. Бородіна, А.М. Гафіяк, С.Д.Просветов, О.Р.Білобров</b> Еволюція web технологій в сучасних умовах .....	256

<b>О.О. Бородіна, С.П. Альошин, А.М. Гафіяк, О.І.Козицька, К.М.Гелецька</b> Використання сучасних мов програмування при створенні штучного інтелекту.....	258
<b>Т.З. Фидаров</b> Оценка и моделирование степени внедрения информационных технологий для повышения безопасности предприятий .....	261
<b>Штупун М.А. Коваленко М.А.</b> Сучасні гібридні архітектури глибокого начання .....	265
<b>Д.Я. Руднєв, А.Г. Гребенник</b> Проектування розподілу ролей користувачів для забезпечення найбільшої ефективності студентів у електронному навчанні.....	268
<b>С.П. Алёшин, Е.А. Бородина</b> Прагматические свойства информации в практических задачах интеллектуального анализа данных .....	271
<b>О.О. Симонов, А.Г. Гребенник</b> Система идентификации пользователей как способ повышения безопасности информационных систем .....	274
<b>С.В. Голуб, Н.О. Химиця</b> Експертний аналіз результатів кліометричного моніторингу .....	276
<b>Р.В. Терещенко</b> Використання технології блокчейн для захисту авторських прав.....	280
<b>Гречанинов В.Ф., Лопушанський А.В.</b> Напрямки підвищення ефективності ситуаційних центрів при їх створенні та функціонуванні. ....	284
<b>О.Г. Жданова, Б.В. Романченко, М.О. Сперкач</b> Прогнозування результатів спортивних подій .....	288

<b>Курто О.С. Качановський П.П.</b> Аналіз методів дослідження тексту та їх використання в існуючих програмних засобах.....	292
<b>В.І. Салапатов</b> Засоби опису автоматних моделей.....	296
<b>Дубіна А.В.</b> Моделювання генератора індивідуальних задач .....	298
<b>М.О. Сперкач, Д.Ю. Юзьвак</b> Розв’язання задачі класифікації текстів методами обробки природньої мови та машинного навчання .....	301
<b>О.С. Ровник, В.В. Нехай</b> Моделювання сценаріїв кібератак як інструмент протидії загрозам в кіберпросторі.....	305
<b>А. С. Радченко, І.В. Білоус</b> Порівняльний аналіз методів визначення моменту захоплення зображення екрану в застосунках для таймтрекінгу.....	307
<b>М.С. Дорош, В.В. Нехай, М.М. Войцеховська</b> Архітектура інформаційної системи оцінки рівня культури інформаційної безпеки організації.....	309
<b>В.В. Нехай, О.О. Дружинін</b> Кібер-ситуаційна обізнаність: модель колективного доступу до інформаційних ресурсів .....	314
<b>І.А. Жирякова, С.В. Голуб</b> Гібридизація Концептуальної Моделі Для Формування Структури Бази Модельних Знань.....	317

**СЕКЦІЯ 4**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО**  
**МОДЕЛЮВАННЯ ЗРАЗКІВ ТЕХНІКИ СПЕЦІАЛЬНОГО**  
**ПРИЗНАЧЕННЯ**

**Л.Ф.Гуляницький**

Розробка математичної моделі проблеми оптимізації маршрутів групи бпла за наявності декількох депо ..... 324

**П.Л. Аркушенко В.В. Борщ О.І. Вервейко А.В. Коваленко**

Особливості імітаційного моделювання при проектуванні і експлуатації віртуальних вимірвальних приладів для випробувань озброєння та військової техніки..... 328

**BILOKUR M.O.**

Determination of criteria and methods for assessment of the ways on ensuring on the ways of the military formations arming ..... 332

**Bashyns'ka Ol'ha, Kazymyr Volodymyr, Nesterenko Serhii**

Method of uas quality assessment by the technical diagnostic data ..... 334

**A. S. Kulik, V. G. Dzhulgakov**

Rational control of objects with undefined dynamics ..... 337

**O.E. Mavrenkov, Senior Researcher O.V. Karpenko**

Methodical approach to evaluation of technical and technological feasibility of variants for aircraft modernization ..... 341

**I.D. Volkov, I.V. Pasko**

Approach to modeling of transmission process and processing of information in the management system of rocket forces and artillery..... 342

**О.Л. Шаповалов, Ю.О. Денисов, О.О. Бурсала.**

Моделювання контура стабілізації кута нахилу квадрокоптера..... 344

<b>О.Л. Шаповалов, Ю.О. Денисов, О.О. Бурсала</b> Модель цифрового регулятора контуру струму системи електроприводу квадрокоптера.....	345
<b>Д.М. Крицький, В.М. Овсяннік, О.К. Погудіна, В.В. Шевель, Є.А. Дружинін</b> Планування маршруту мультикоптера .....	347
<b>А.И. Тимочко, С.А. Олизаренко, А.В. Самокиш</b> Метод распознавания опасных ситуаций сближения (столкновения) воздушных судов на основе ситуационного анализа и модели нечеткого логического вывода .....	351
<b>С.Є.Бойчун,С.В.Лапицький,С.В.Сус,О.Б.Попков</b> Вимоги конструктивної, виробничо-технологічної та експлуатаційної досконалості ракет .....	355
<b>О.В.Докучасв ,І.Б.Чепков,С.В.Лапицький,О.В.Зубарсв</b> Структурне перетворення специфікацій об'єктів експортного контролю .....	360
<b>О.А.Майстренко,О.Б.Попков,Б.О.Оліярник,В.В.Петушков</b> Вихідні дані щодо оцінки імовірності ураження окремої цілі, що є поза зоною спостереження .....	365
<b>A.L. Zirka</b> The mathematical model of longitudinal motion of an unmanned aerial vehicle to optimize its takeoff trajectory with a launch device .....	367
<b>О.О. Holovin</b> Some approaches to enhance information and analytical support processes of development of weapons and military equipment.....	369
<b>О. Lobyenko, A. Shulgin</b> Features of application of cad/cae-systems in the context of supporting the capability of aviation engines of fighter aircraft .....	372

<b>A.G. Pavlenko, A.G. Kozyr, R.V. Holodnyi</b> Main provisions of nato policy of modelling and simulation application to support defense materiel test and evaluation .....	373
<b>Shknai Oleh Viktorovich</b> Increasing the quality of recognition of air targets in modern models of radioactive equipment .....	376
<b>A. Steiskal, S. Kovalchuk, S. Kovtun,</b> Recognition signs of composite signals of telecommunication systems .....	379
<b>V. V. Tyurin, P. V. Open`ko, P. A. Drannyk, V. V. Kobzev</b> Mathematical modeling of reliability indicators for mobility means of compound technical objects .....	380
<b>S. Zhdanov</b> The problem of replacing the fleet of training aircraft of armed forces of ukraine .....	384
<b>M.V. Zirka</b> Assessment of technical risks based on fuzzy logic for decision support system projects creation of special aviation engineering .....	385

## СЕКЦІЯ 5

### СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В УПРАВЛЕНІ ПРОЕКТАМИ

<b>Bushuyev Sergey, Kozyr Boris</b> Modeling of empathy, emotional intelligence and transformational leadership to the project success .....	388
<b>V.M. Piperska</b> Mechanism for management of research projects in the system “university–state–business” .....	391
<b>Yuri Zaychenko</b> Problem of fuzzy portfolio optimization and its solution with application of forecasting .....	394

**Д.О.Волошин, В.М.Клименко,**

**О.Г. Жданова, М.О. Сперкач, О.А. Халус**

Дослідження задачі визначення максимально пізнього  
моменту початку виконання робіт з мінімізацією сумарного  
випередження відносно директивних термінів виконання  
робіт .....

398



**СЕКЦІЯ 1**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЇ ТА**  
**ГЕОЛОГІЇ**

## МОДЕЛЮВАННЯ ЛІТНЬОЇ ЦИРКУЛЯЦІЇ В МОРІ БЕЛЛІНСГАУЗЕНА

Мадерич В., Терлецька К., Бровченко І., Беженар А.  
*Інститут Проблем Математичних Машин і Систем НАНУ,  
 Україна*

В роботі проведено чисельне моделювання літньої циркуляції в морі Беллінсгаузена та на шельфі Антарктичного півострова. Для моделювання застосовувалась чисельна гідродинамічна модель SCHISM [1] з неструктурованою трикутною горизонтальною сіткою та вертикальною локальною сігма системою координат (LSC). Для опису турбулентності використовувалась *k-kl* модель турбулентності. Розрахунки полів течій, рівня моря, температури та солоності проводилися для шельфу ЗАП, моря Беллінсгаузена та прилеглої частини Південного океану (Рис.1). На поверхні океану задавалися потоки тепла, імпульсу та солі, які розраховувалися за даними реаналізу ERA-Interim. На відкритих границях вертикальний розподіл температури і солоності задавався згідно розрахунків глобального реаналізу HYCOM [2]. На західній відкритій границі були також задані відхилення рівня та вертикальний розподіл швидкості розраховані HYCOM. На відкритій східній границі розрахункової області задавалися умови випромінювання. В якості початкових умов також використовувалися результати реаналізу HYCOM.

Результати моделювання полів течій, температури і солоності в період лютий-березень 2014 року порівнювалися з доступними даними спостережень на шельфі Антарктичного півострова, включно з даними Української Антарктичної Експедиції. Розраховані вертикальні розподіли температури і солоності на шельфі узгоджуються з спостереженнями, зокрема, в положенні мінімуму температури холодного проміжного шару та його температури в районі Аргентинських островів.

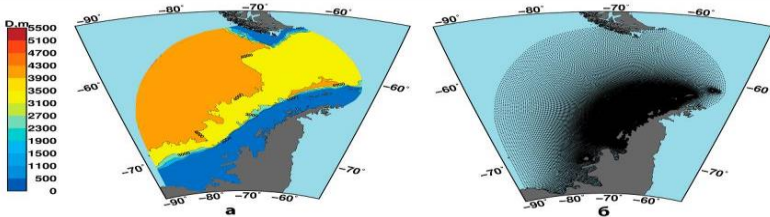


Рис. 1. Розподіл глибин у розрахунковій області в морі Беллінсгаузена згідно (GEBCO, 2019 [3]) (а); розрахункова сітка (б).

Розрахунки показали, що головним компонентом циркуляції є Антарктична Циркумпольярна Течія (АЦТ), яка переносить воду на схід. У АЦТ формуються декілька струменів, які втікають в протоку Дрейка. Ланцюжок вихорів розділяє шельфову зону Антарктичного півострова та АЦТ. В літній період вздовж краю шельфу виникає спрямована на південь течія, викликана, в основному, великомасштабною циркуляцією океану та полем вітру. Зроблено висновок, що формування зон підйому та опускання вод на шельфі Антарктичного півострова суттєво залежать від змін атмосферної циркуляції над морем Беллінсгаузена. Важливим феноменом є виникнення апвелінгу на краю шельфу при вітрі направленому на північний захід (рис. 2).

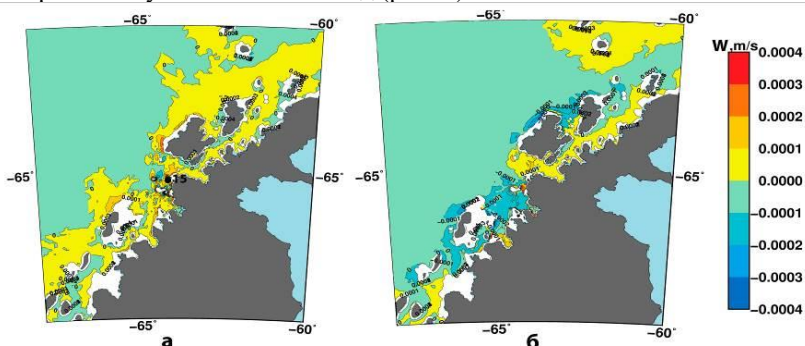


Рис.2. Поле вертикальної швидкості на глибині 50 м для 12:00 (а) 15 лютого і (б) 15 березня 2014 року на шельфі Антарктичного півострова. На рис. 5а показано положення ст. 15 (17 Укр. антарктична експедиція).

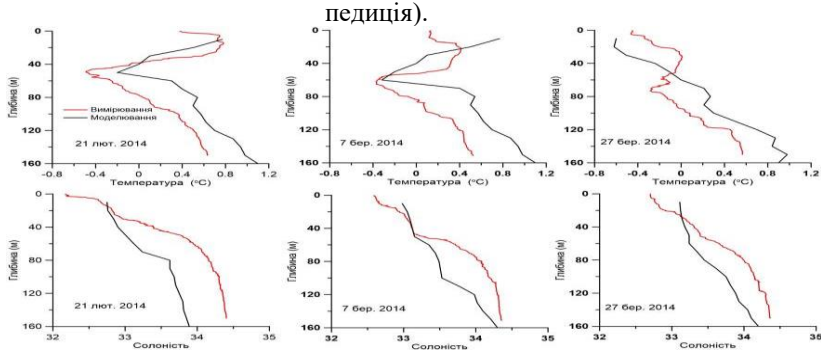


Рис. 3. Порівняння розрахунків (чорна крива) та моделювання (червона крива) вертикального розподілу температури (а) та солоності (б) на ст. 15.

Апвеллінг є важливим джерелом поживних речовин для фітопланктону і всього поживного ланцюжка. Розраховані профілі температури і солоності в районі Аргентинських островах зіставлені з вертикальним розподілом температури і солоності побудованим за даними спостережень під час зйомки Антарктичної експедиції 2013-2014 рр. Розрахований вертикальний розподіл температури узгоджується з спостереженнями, зокрема в положенні мінімуму температури холодного проміжного шару та його температурі (рис. 3) .

Робота була підтримана Національним антарктичним науковим центром за договором № Н/4-2018 «Дослідження процесів просторово-часової мінливості течій в морі Беллінсгаузена та моделювання зон підйому та опускання вод на шельфі моря» та Корейським інститутом океанських наук та технологій (KIOST), який надав для розрахунків обчислювальний кластер з 120 процесорами.

### **Література**

1. Zhang, Y. J., Ateljevich, E., Yu, H.-C., Wu, C.H., Yu, J.C.S. 2015. A new vertical coordinate system for a 3D unstructured-grid model. *Ocean Modelling*, 85, 16-31

2. HYCOM Ocean prediction system. 2019. <http://hycom.org/ocean-prediction> (дата звернення: 10.02.2019)

3. GEBCO, General Bathymetric Chart of the Oceans, 2019. The GEBCO\_2014 Grid, version 20150318, [www.gebco.net](http://www.gebco.net) (дата звернення: 10.02.2019).

## **DISMANTLING A METAL FARM ON THE ROOF OF THE 4TH UNIT OF THE CHERNOBYL NPP. SCENARIOS OF WORK AND THE CALCULATION OF THE ACCUMULATED DOSES OF PERSONNEL WHEN PERFORMING RADIATION-HAZARDOUS WORK**

M. V. Pashynov

*Institute for safety problems of nuclear power plants NASU, Ukraine*

The results of three-dimensional modeling of personnel work conditions in radiation-hazardous conditions of the roof of the 4<sup>th</sup> power unit of the ChNPP – "Shelter" object (OS), carried out using the software complex HVRC VRdose, are presented. Estimations of dosing loads on personnel during the dismantling of a metal farm on the roof of the "Shelter" object carried out. The results obtained are highly consistent with the results of the

safety analysis, and the individual doses to each member of the staff are calculating with greater accuracy.

The project of transforming the OS into an environmentally safe system involves the gradual dismantling of the upper structures. An intermediate stage in this process is the construction of a new protective structure - the New Safety Confinement (NSC). During the period of existence of the NSC, it is necessary to dismantle structures that can collapse [1], as well as to remove hazardous accumulations containing nuclear fuel [2]. According to the Project Criteria [3], it is necessary to dismantle 18 unstable building constructions of the OS during the period of early dismantling and 10 structures of delayed dismantling.

Dismantling of unstable structures of the OS presupposes the presence of personnel in hazardous radiation conditions and in conditions where access to the work performance zones (WPZ) is complicated. The roofs of the OS are sloping, which makes it difficult to access operations sites (cutting, stroking, etc.). This leads to a high risk of employee injury, requiring increased attention to safety measures. Designing for dismantling should take into account all the negative factors and be based on optimal design solutions.

In 2015, on the initiative of ChNPP, the design of a dismantling of one of the constructions, which is included in the list of "early" dismantling of unstable structures of the OS, has been developed. The Institute for Safety Problems of NPPs of the National Academy of Sciences of Ukraine (ISP NPP) developed the Safety Analysis Report [4]. This report presented the results of personnel dose calculations for the performance of all work.

Thus, verification of the results obtained by dismantling the farm using a software package is an opportunity to evaluate the suitability of the HVRC VRdose Planner for other design work to be performing.

To evaluate the radiation doses of personnel during radiation hazard work a document [4] – developed by the staff of the ISP NPP. This document describes the entire process of dismantling, including the development of personnel paths at all stages of work and estimates the time during which all dismantling works will be performing.

HVRC VRdose allows visualizing the entire dismantling scenario for each of the metal farm fragments. However, if in the case of [4], conservative dose rates were using to calculate the personnel exposure, then in the HVRC VRdose there is a possibility to use the actual values of the DR on the southern roof of the OS.

Radiation survey of the southern roof carried out in 2000, and the values of radiation doses using the coefficients counted.

After simulating of all the parts of the dismantling of the F1 fragment process, using [4] it is possible to verify the correspondence of the exposure doses to personnel. The simulation results giving in Table 1.

**Table 1.** Comparative analysis of the correspondence of radiation doses values

Type of work (item in SAR)	N (number of personnel)	$E_0$ , [4], mSv, SAR	$E_0$ , model, mSv, VRDose Planner
Closure of flexible pipelines of the MDSS, Point 1	2	4,83	2,53
			1,85
Closure of flexible pipelines of the MDSS, Point 2	2	4,83	2,85
			2,58
Closure of flexible pipelines of the MDSS, Point 3	2	4,94	3,8
			3,55
Closure of flexible pipelines of the MDSS, Point 4	2	4,94	4,48
			3,78
Marking with paint of bracket C1	1	0,4	0,24
Marking with paint of bracket C2	1	0,4	0,25
Marking with paint of bracket C3	1	0,494	0,578
Marking with paint of bracket C4	1	0,494	0,74
Cutting of fastenings of walking bridges of the upper zone of the farm	2	4,92 (every)	1,62
			1,5
Cutting of fastenings of walking bridges of the lower zone of the farm	1	4,18	2,72
Stropping of the node C1	2	1,85	1,26
			1,42
Stropping of the node C2	2	2,16	1,74
			1,78
Stropping of the node C3	2	4,81	3,9
			3,43
	2	4,36	2,9

Stopping of the node C4			2,67
Cutting of bracket C1	2	2,36	2,18
			1,93
Cutting of bracket C2	2	2,84	2,28
			2,83
Cutting of bracket C3	2	4,14	6
			5,3
Cutting of bracket C4	2	4,14	4,4
			3,9

### **Simulation results**

The simulation results show that for point 2.9 - marking for the brackets C3, C4 there is an excess of the radiation dose calculated in [4]. According to [4], the value of the DR in the calculation was - 18 mSv/h. During the simulation, there were areas where the PD reached the values of 21 mSv/h. Such deviations from the design values can lead to receiving higher radiation doses of personnel.

For the C4 bracket, the accumulated dose is 33% higher than that of [4].

A similar effect is observing with the final cutting of brackets C3 and C4. The personnel at the time of performing these works is in higher radiation load, compared with [4].

### **Conclusions**

Using the HVRC VRDose software calculations of radiation doses of personnel during the performing of the basic operations for the dismantling of a metal farm and comparisons with SAR carried out. The data obtained using the software is well correlating with the project data. For operations that are similar in radiation conditions - exposure levels are the same. However, the software package allows for more accurate modeling of radiation doses in space, that is why operations the radiation levels are 20-30% higher than the design values.

The HVRC VRDose software package is a convenient tool for calculating estimated radiation doses in radiation-hazardous conditions, thus allowing for the development of several alternatives for the performance of works, it enables to optimize the process of work performance and personnel behavior in radiation-hazardous conditions.

### **Literature**

1. Report on the reassessment of the composition of unstable OS structures subject to "early" dismantling. SIP 09-2-001 NI 03 RPT 037 05

2. The strategy of re-inventing the "Shelter" object, 2001.
3. Design criteria and requirements for the NSC infrastructure for dismantling the unstable structures of the «Shelter» object // SIP 03 1 003 07 DCR 001 03, 2008.
4. SAR 301503.201.006-3AB/ISP NPP NASU – Reconstruction of the "Shelter" object of the Chornobyl NPP in connection with the dismantling of the southern roof reinforcement of a metal farm, 2016.

UDC 528.9

## **DESIGN OF THE WEB SYSTEM FOR IDENTIFICATION OF THE UNKNOWN SOURCE OF RADIOACTIVE CONTAMINATION**

R. O. Synkevych, S.Y. Maistrenko, I. V. Kovalets  
*Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the  
Ukraine National Academy of Science, Ukraine*

*Ukrainian Center of Environmental and Water Projects*

**Introduction.** Indicators of radioactive contamination such as time integrated concentrations of radioactive aerosols are used for assessing the state of the environment in Europe. These indicators allow to record the deterioration of the environment operatively and help to analyze the consequences of the existing environmental situation. Monitoring data is available in real-time using the different platforms such as EURDEP (<https://eurdep.jrc.ec.europa.eu>), which is a network for the exchange of radiological monitoring data between most European countries. By using data from such platforms, scientists often fix high concentrations of radioactive elements. In case of detection of high concentrations the main task is then to determine the source of pollution. Finding a source of pollution is a very complicated process, because the data received by the information gathering stations fix the increase of radioactivity concentrations in different places, at different times, with different concentrations.

**Calculation algorithm.** Consider, for example, the case of fixation of a high concentration of Ruthenium (Ru-106), which happened in the autumn of 2017. Almost all European countries then fixed the concentration of ruthenium that exceeded the lower detection threshold. The recorded data did not reach the dangerous values, but ruthenium-106 does not occur in natural conditions, therefore the fixation of this radionuclide in large areas has caused considerable concern among the public and specialists. Since no country reported an accident in its territory, researchers from different countries began to seek sources using various mathematical models.



The authors of the work [1] started were capable to search for a source of ruthenium using the European nuclear emergency response system RODOS (<https://resy5.iket.kit.edu/RODOS>), which includes the model of long-range transport of MATCH, capable of calculating the atmospheric transport of radionuclides on a global scale. As input data, global weather data, pollution data stations and a map of nuclear facilities were used.

The method of analysis of possible sources was based on solving conjugate atmospheric transport equations, which enables to construct a "source-receptor" sensitivity function in tabular form. From the received data in manual mode, the area with the most probable location of the source of emissions was identified on the map. Moreover, the more calculations performed, with more data the more accurate the results can be obtained.

**Functional requirements and flowchart of calculations.** During the calculation, researchers encountered a number of problems, the solution of which is the main idea of the article. The RODOS system must be installed locally, download the weather forecast data, set up the database, submit the data of the monitoring model and additional input parameters of the MATCH model. Each new calculation in another area must be started in manual mode. And the results obtained should be minimized with additional third-party program to determine the region with a likely source location. Map data visualization is also done manually with third-party programs.

To automate the process of finding of the unknown source of radioactivity, it is advisable to use a web system that will consist of calculation and web servers (Fig. 1). This separation will simplify the creation of every new calculation and the processing of the results.

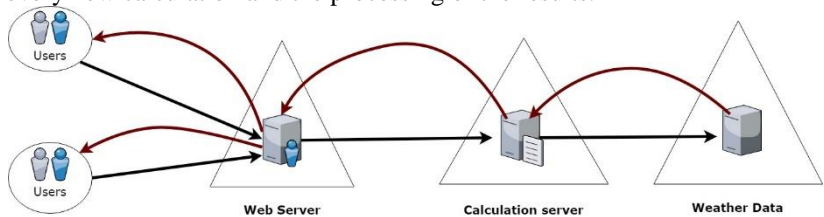


Fig.1 The structure of the interaction of components of the web system.

The computational server will contain a RODOS system with a database, and a map of nuclear installations. Here the automatic downloader of the global weather forecast data will be installed which also turns the wind for each forecast for inverse calculations and then passes data into the database. Running the inverse calculation is done using the MATCH model in RODOS, which will allow running the calculation automatically if the task is located in the appropriate folder under the extension .xml. After calculation, the

calculated source receptor function [2] is stored on the server as separate files (Fig. 2).

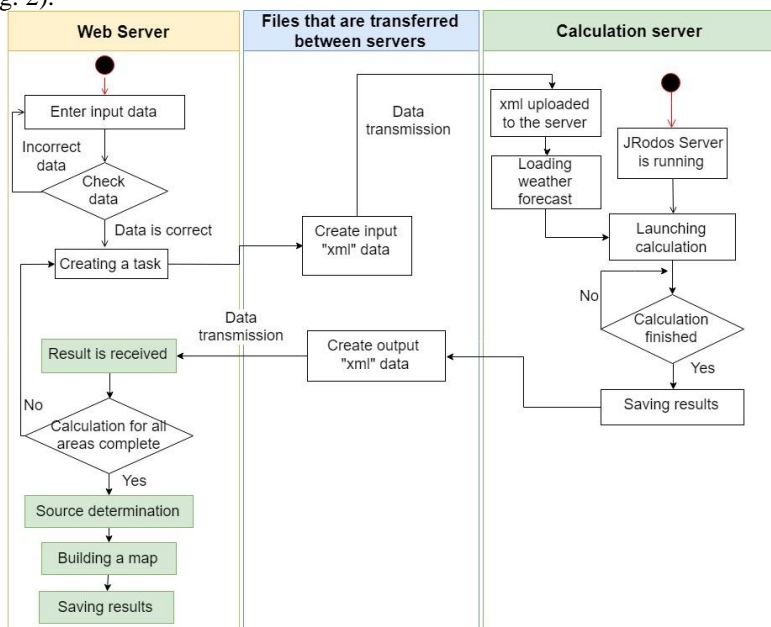


Fig.2 Calculations flowchart.

The development of web system will be based on previously created Povitrya system for air pollution forecasting in Ukraine [3]. The web server will manage the computational server, and will assign tasks in the queue mode. Execution of tasks will be carried out by parts, passing the input data, receiving the results, passing the next input data and so in a cycle. All incoming and outgoing data is stored on a web server, and can be easily downloaded, modified and rendered.

To run the task on the computational server, there is a need for pollution data, this data will be transmitted as a file, along with the RODOS launch configuration, the object's search boundaries, and weather information. The input data are important for the calculations and the mistakes made in them can cause errors in the results. The web server allows you to check them immediately after entering inside the browser and displaying errors to their users, sending the approved data securely to the computational server.

After downloading all results of calculations to the web server, the minimization is done, so that the resulting areas of potential sources can be then displayed on a map or as a table. Users can download the results at any

time, or make adjustments to previously entered input data and run the calculation again.

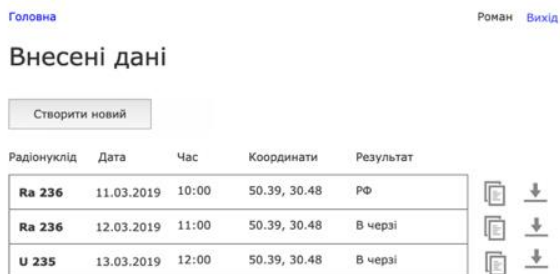


Fig.3 An example of the web system interface, "Home Page" and form for entering measurement data.

Conclusions. Using the web system to search for an unknown source of radiation will greatly simplify the calculation process using RODOS and accelerate it by automatic queuing tasks, downloading weather and solving for the minimization problem. The calculations can be performed by different users, even those who do not have powerful computers. Preservation of both results and input data will take place in one centralized location with the possibility of accessing it through the Internet. The results of the calculations can be flexibly adjusted and displayed in different forms both on the map and in the form of a sorted table.

## Literature

1. Kovalets I.V., Romanenko A.N. (2017) Detection of ruthenium-106 in 2017: meteorological analysis of the potential sources // Available online: <https://www.linkedin.com/pulse/detection-ruthenium-106-2017-meteorological-analysis-sources-ivan/>
2. Romanenko A.N., Kovalets I.V., Anulich S.N. Solution of the source identification problem with using the JRODOS MATCH // Decision Support Systems. Theory and Practice (DSS'2017), Kyiv, June, 2017.
3. Kovalets, I.V., Maistrenko, S.Y., Khalchenkov, A.V., Zagreba, T.A., Khurtsilava, K.V., Anulich, S.N., Bespalov, V.P., and Udovenko, O.I. Povitrya web-based software system for operational forecasting of atmospheric pollution after manmade accidents in Ukraine // Science and Innovation, 2017, 13(6), 11-22, doi: 10.15407/scin13.06.013

## DISCRIMINATION OF LITHOLOGICAL TYPES OF THE RUNOVSHCHYNA AREA FOR ALPHA AND BETA ACTIVITY

S. Vyzhva<sup>1</sup>, O. Shabatura<sup>1</sup>, Mizernaya M.<sup>2</sup>, V. Onyshchuk<sup>1</sup>, I.  
Onyshchuk<sup>1</sup>

*1 - Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology,  
Ukraine, 03022, Kyiv, 90 Vasylykivska str., 2 - D. Serikbayev East Kazakh-  
stan State Technical University, Republic of Kazakhstan*

Radioactive properties of rocks have valuable information about the composition and properties of rocks. Determining the content of U, Th and K is possible by various methods, but they are usually quite complex and costly. In logging wells and laboratory studies,  $\gamma$  and  $n$  methods are usually used to record relevant radiation [4]. Therefore, the use of the  $\alpha$ - $\beta$ -method, as more expressive and simpler in the laboratory studies of sedimentary rocks will allow to perform a qualitative and, if possible, quantitative assessment of the radioactivity of different lithological types of rocks.

In the laboratory of nuclear geophysics of the Department of Geophysics, the Institute of Geology of the Kyiv University, a series of alpha and beta-analysis of powder samples was carried out with the help of a laboratory low-background device of UMF-2000, which provides high-precision determination of the specific alpha ( $\alpha$ , Bq/kg) and beta ( $\beta$ , Bq/kg) activity of samples of rocks [4].

Table 1 - Correlations between the content of uranium ( $C_U$ ) and  $K_2O$  ( $C_{K_2O}$ ) and specific alpha and beta-activity in sedimentary rocks of different regions

Region	Correlation	$R^2$	Volume	Source
Volyn-Podillya	$C_{K_2O}=1,6 \cdot 10^{-3}\beta+5,5 \cdot 10^{-2}$	0,916	107	[4]
Runovshchyna area	$C_{K_2O}=1,6 \cdot 10^{-3}\beta+6,6 \cdot 10^{-2}$	0,992	191	
Volyn-Podillya	$C_U=3 \cdot 10^{-7}\alpha+5 \cdot 10^{-5}$	0,863	107	[4]
Runovshchyna area	$C_U=3 \cdot 10^{-7}\alpha+0,5032$	0,999	191	
OumDheroua, Mauritania	$C_U=7,7 \cdot 10^{-3}\alpha+1,0396$	0,928	87	*

\* Oral message from R.Bokatuk [5]

The given correlation dependences were high to evaluate the content of  $K_2O$  in different-age formations and lithological types of Volyn-Podillya [4]. Clays have an average higher content of uranium and, accordingly,  $\alpha$  due to its concentration by sorption on clay particles, the formation of quaternary uranium or the formation of solid solutions under redox.

Sandy rocks may contain uranium minerals, often as an isomorphous admixture to heavy fraction minerals. Compared with alpha activity, beta activity has a significantly better discriminative ability, which allows to distinguish between rocks of different lithological composition.

Instead, the ranges of values  $\alpha$ - and  $\beta$  activity of sedimentary rocks in Runovshchyna area which makes it impossible to distinguish them easily using these parameters (Fig. 1).

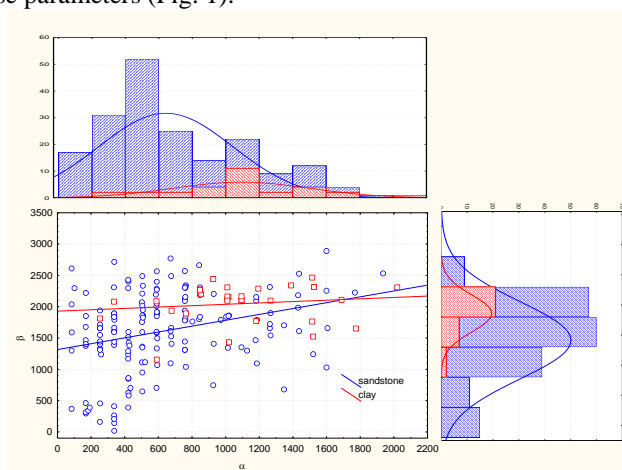


Fig. 1 Alpha and beta activity of sandstone and clay of Runovshchyna area

Two groups of objects (clay and sandstone) are presented in the coordinate system of two signs -  $\alpha$ - and  $\beta$  activity. The density of the probability of signs has a two-modal character. If it use radiometric features separately, then the confident distinction will not be executed. Classification error is proportional to the density of overlap area of variation. Therefore, the task of constructing a decision rule for discrimination of two lithological groups of objects is based on mathematical statistics methods. For these purposes, it is proposed to use a decision rule with the linear discrimination functions (LDF). LDF include two signs ( $\alpha$ - and  $\beta$  activity) to divide the primary sample into two classes I and II (sandstone and clay).

**Linear discriminatory functions.** LDF is used to construct a decision rule for the discrimination of objects by a fixed set of signs [4]:

$$D_i = \lambda_1 x_{i1} + \lambda_2 x_{i2} + \dots + \lambda_m x_{im} = \sum_{k=1}^m \lambda_k x_{ik} \quad (1)$$

where  $x_{ik}$  - the value of the  $k$ -th sign for the  $i$ -th object;  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$  - coefficients of LDF,  $D_i$  - a discriminator.

If  $D_i > D_0$  then the object refers to the first group, the opposite case - to the second one. The boundaries between a group of objects is a straight line whose equation (for two signs) is:

$$x_2 = D_0 / \lambda_2 - \lambda_1 x_1 / \lambda_2. \quad (2)$$

The LDF coefficients that perform the discrimination of objects into groups are the roots of a system of  $m$  linear equations:

$$\begin{aligned} \lambda_1 k_{11} + \lambda_2 k_{12} + \dots + \lambda_m k_{1m} &= q_1 \\ \lambda_1 k_{21} + \lambda_2 k_{22} + \dots + \lambda_m k_{2m} &= q_2 \\ \lambda_1 k_{m1} + \lambda_2 k_{m2} + \dots + \lambda_m k_{mm} &= q_m \end{aligned} \quad (3)$$

where  $k_{ij} = \left( \frac{N_I k_{ij}^I + N_{II} k_{ij}^{II}}{N_I + N_{II} - 2} \right)$  - the elements of the combined covariance

matrix A, which are calculated by the corresponding values  $k_{ij}^I, k_{ij}^{II}$  of the group matrices  $K_I$  and  $K_{II}$ ;  $N_I, N_{II}$  - group sizes;  $q_i = \bar{a}_i - \bar{b}_i$  - the difference between the mean and  $i$ -th signs in groups I and II [2].

The threshold value of the discriminator is determined by substituting the arithmetic mean values from the centers of groups of the corresponding attributes in the LDF equations:

$$D_0 = \sum_{k=1}^m \lambda_k \left( \frac{\bar{a}_i - \bar{b}_i}{2} \right). \quad (4)$$

**Results of classification.** The calculations carried out in the program Statistica 7.0 and received the following LDF:

$$\text{Sandstone} = 0,00228\alpha + 0,00419\beta - 1,28126 \quad (5)$$

$$\text{Clays} = 0.00477\alpha + 0.00496\beta - 9.51348 \quad (6)$$

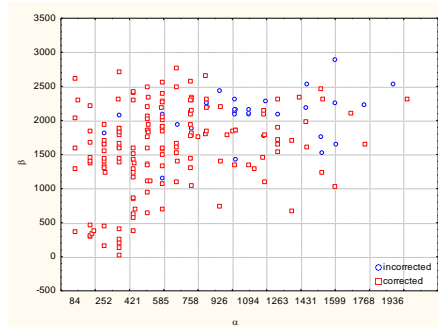


Figure 2 - Results of the classification of Runovshchyna area in lithological type using radiometric data

Lambda  $\alpha = 0,9931963$  is greater than lambda  $\beta = 0,853632$ , which suggests the advantage of incorporating such a feature into a discriminatory model as  $\alpha$ -activity compared to  $\beta$ -activity (Fig. 2 and Tab. 2).

In the expanded model, the most informative are not radiometric indicators, but and such indicators include titanium dioxide (Wilks' Lambda= 0.184), manganese (0.185), magnesium (0.208) and water content (0.219).

Table 2 - Classification Matrix before and after including of chemical composition data (Runovschyna area, rows: observed classifications, columns: predicted classifications)

Cases	Percent correct classified		sandstone		clay	
	before	after	before	after	before	after
sandstone	95,57	100	151	60	7	0
clay	20	100	24	0	6	4
total	83,51	100	175	60	13	4

The obtained LDF in the model of alpha-beta radiometry indicate a rather effective distinction between sandstone and much worse clay. Incorrectly classified objects are mainly associated with clay as products of high degree of chemical transformation of the rock. It was affected with high Fe-content and decrease the content of silicates.

## Reference

1. Kobranova V.N. Petrophysics. Textbook for universities. - 2nd ed., M., Nedra, 1986. - 392 p. [in Russian]

2. Shcheglov VI Mathematical methods of modeling in geology. Electronic edition / South-Ros. State Techn. Un-t. Novocherkassk: YURGRT, 2012. 197 p. [in Russian]

3. Sklyarov E.V. (ed.) Interpretation of geochemical data. M., Intermet Engineering, 2001- 288 p. [in Russian].

4. Vyzhva, S.A., Onyshchuk, D.I., Onyshchuk, I.I. Radiometric parameters of reservoir-rocks of hydrocarbon Volyno-Podillya prospects. 11th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Geoinformatics 2012; Kiev.: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84907405215&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=a1ee569fcb5b4d17c9d100d2939416c&sot=autdocs&sdt=aut-docs&sl=17&s=AU-ID%286508138179%29&relpos=31&citeCnt=0&searchTerm=>

5. [http://www.geol.univ.kiev.ua/docs/conf/conf\\_univ\\_apr\\_2019\\_program.pdf](http://www.geol.univ.kiev.ua/docs/conf/conf_univ_apr_2019_program.pdf) [in Ukrainian].

УДК 004.94, 621.039.75

## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ НА ОБ'ЄКТАХ З РАДІАЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИМИ УМОВАМИ**

С. А. Паскевич, С. С. Підберезний

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова 36а, Чорнобиль, 07270, Україна*

Використання комп'ютерного моделювання є ефективним заходом для забезпечення радіаційної безпеки та оптимізації процесу виконання робіт у радіаційно небезпечних умовах. Особливої вагомості такі роботи набувають за умов ліквідації наслідків радіаційних аварій. Важливо використовувати комплексний підхід використання інженерних (для моделювання зон виробництва робіт) та імітаційних (для моделювання технологічних процесів при ліквідації наслідків аварії) комп'ютерних моделей. На основі імітаційної моделі може бути розроблена інтерактивна модель для навчання персоналу, який планується задіяти у виконанні робіт.

У Інституті проблем безпеки АЕС НАН України (далі – ІПБ АЕС) опрацьовані науково-методичні та практичні основи діяльності з розроблення, впровадження та застосування таких комп'ютерних моделей в умовах об'єкта «Укриття» Чорнобильської АЕС. Зокрема, моделювання широко використовувалося для вирішення різних завдань, таких як вибір оптимальних шляхів перетворення об'єкта "Укриття" (ОУ) на екологічно безпечну систему [1], удосконалення методів вимірювання радіа-



ційної обстановки в умовах ОУ [2], моделювання радіаційної обстановки і динаміки її зміни в ОУ і поблизу нього [3], забезпечення радіаційної безпеки в процесі експлуатації та перетворення ОУ, зокрема вилучення паливовмісних матеріалів (ПВМ) та ін.

Застосування інформаційних технологій імітаційного моделювання і цифрових комп'ютерних моделей стосовно до процесу вилучення ПВМ з верхніх відміток об'єкта «Укриття» дозволило вже на ранній стадії опрацювання технічних пропозицій виявити деякі принципові проблеми застосування технічних засобів НБК, зокрема, системи основних кранів. Подальший розвиток і використання моделей дозволить оптимізувати процес вилучення ПВМ, зменшити дози опромінення персоналу задіяного в цій роботі та знизити фінансові витрати.

Застосування імітаційної моделі дозволить вибрати та оптимізувати проектні рішення вилучення ПВМ за заданими критеріями, верифікувати на предмет відповідності встановленим вимогам, створити інтерактивний програмний комплекс для детального навчання та підготовки персоналу.

Застосування комп'ютерної графіки при плануванні і виробництві операцій з обслуговування, ремонту та заміни обладнання в радіаційно-небезпечних умовах дозволить приймати обґрунтовані рішення про доцільність тієї чи іншої діяльності, забезпечити більш високий рівень планування робіт з метою недопущення перевищення встановлених меж доз і допустимих рівнів, вибрати оптимальні технічні рішення і оптимізувати радіаційний захист.

Необхідний подальший розвиток методів комп'ютерного моделювання для вирішення завдань остаточного перетворення ОУ. У першу чергу це стосується створення детальної інженерної моделі ОУ і розташування ПВМ після демонтажу нестабільних конструкцій. Така модель повинна дозволити легко вносити зміни при видаленні окремих скупчень ПВМ.

Для вибору оптимальних рішень щодо подальшого перетворення ОУ доцільно удосконалити методи моделювання процесів вимірювання радіаційних характеристик (поверхневих альфа і бета - забруднень, кутових та енергетичних розподілів гамма-випромінювання), розробити уточнення моделі радіаційної обстановки, провести моделювання таких процесів, як первинне сортування ПВМ безпосередньо в місцях їх вилучення, вилучення основних скупчень ПВМ.

Для забезпечення безпеки при виконанні робіт необхідно розробити інтерактивну модель для навчання і тренувань персоналу при виконанні різних видів діяльності.

Для обґрунтованого розгляду варіанта відкладеного вилучення ПВМ з нижніх відміток необхідно провести комп'ютерне моделювання різних варіантів консервації ПВМ на нижніх відмітках з урахуванням допустимих викидів та скидів.

Дуже важливим є проведення КМ можливих варіантів перетворення ОУ в сховище короткоживучих радіоактивних відходів, включаючи розрахунок впливів на навколишнє середовище.

### **Література**

1. Батій В.Г., Підберезний С.С., Рудько В.М. та ін. Комп'ютерне моделювання при експлуатації та перетворенні об'єкта "Укриття">//Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2016. - Вип. 27. - С. 67-79.

2. Paskevych S., Gorodecky D., Sizov A., Batiy V. Impact Assessment of Radiological Consequence of Technogenic Activities in Chernobyl Exclusion Zone // Proceedings "The International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity". Bergen. Norway. 15 - 20 June, 2008. Oral and Oral Poster Presentation. Part 1. – P. 270 - 273.

3. Підберезний С.С., Панасюк М. І., Оружий А. П. Застосування технологій геоінформаційних систем при обробці даних радіоекологічного моніторингу в районі об'єкта "Укриття" // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля.. – 2005. – Вип. 2. – С. 99 – 103.

УДК 519.876.5

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ САМОРЕГЕНЕРАЦІЇ ТА САМОРЕПЛІКАЦІЇ МЕТОДОМ РУХОМИХ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ ІЗ ВЗАЄМОРІВНОВАЖНИМ ОТОЧЕННЯМ**

В.В. Жихаревич, К.П. Газдюк, С.Е. Остапов

*Чернівецький Національний університет імені Юрія Федьковича,  
Україна*

Моделювання біологічних процесів та систем – один з найактуальніших та найперспективніших напрямків наукових досліджень. Механізми багатьох біопроектів на даний час є невідомими. Таким чином, одна із задач, яка вирішується за рахунок моделювання – пошук відповідей на питання, що залишаються відкритими. До цих питань зокрема відносять пошук шляхів самоорганізації та еволюції живої матерії (Origin of Life).

Інструментарій, який використовується для побудови моделей біологічних об'єктів та їх динаміки досить різноманітний – від опису тих чи інших процесів в термінах теорії диференційних рівнянь та їх чисельного розв'язку, до побудови імітаційних комплексних моделей, що відображають окремі складові відповідних процесів або систем. Клітинно-автоматне моделювання можна віднести саме до імітаційного підходу, що вже досить давно використовується для реалізації широкого спектру штучних біоподібних структур. Загалом цей напрямок моделювання отримав назву «Штучне життя» (Artificial Life), мета якого – розробка загальних підходів побудови штучних моделей живих організмів. При цьому використання клітинних автоматів як інструменту моделювання приваблює можливістю створення найпростіших моделей найскладніших систем.

Першим дослідником проблематики «Artificial Life» був Джон фон Нейман, який вивчав можливість реалізації самовідтворюваних структур із використанням, у тому числі, інструментарію клітинних автоматів. Здатність самовідтворення (самореплікації) – це унікальне характерне явище, властиве всім живим організмам. Нейман показав та описав [1] можливість побудови дискретного детермінованого самовідтворюваного автомата, що являє собою певний аналог машини Тьюринга, яка копіює вміст керуючої програми та фрагменти структури автомата. Найбільш простою клітинно-автоматною моделлю самореплікації є модель, запропонована Крісом Ленгтоном [2]. В автоматі Ленгтона клітина може знаходитися в одному з восьми можливих станів. Стан клітини в наступний момент часу визначається станом в теперішній момент та станом чотирьох сусідів. Автомат являє собою сигнальну стрічку, що знаходиться між двома стінками. Сигнальна стрічка несе інформацію, необхідну для створення копії автомата, яка отримується через 151 такт часу після запуску. Найбільш відомою континуальною моделлю, заснованою на диференційних рівняннях для обчислення зміни неперервних параметрів системи у часі, є реакційно-дифузійна модель, запропонована Аланом Тьюрингом ще у 1952 році. Різноманітні модифікації цієї моделі, зокрема модель Грея-Скота та інші, використовують на сьогоднішній день для моделювання процесів самореплікації, ембріогенезу тощо [3].

Окремим напрямком досліджень проблематики самозародження та еволюції біоподібних структур є комп'ютерне моделювання хімічних процесів, що можуть призвести до подібної динаміки (Artificial Chemistry) [4, 5]. Зокрема авторам роботи [5] вдалося побудувати модель самореплікації клітиноподібних структур (так званих «Los Alamos Bugs»), які володіють не лише елементарним метаболізмом, але й спадковою

генетичною інформацією. Модель передбачає функціональну взаємозалежність мембрани, метаболізму та самореплікацію генетичного біополімеру. При цьому дослідники стверджують, що модель закладає основи для першого інтегрованого просторово розподіленого комп'ютерного моделювання всього протоклітинного життєвого циклу. Як інструментарій для побудови досить простої моделі зв'язаних процесів дифузії, самозборки та хімічних реакцій, було використано метод моделювання динаміки тривимірних дисипативних частинок.

Аналізуючи наведені підходи щодо моделювання самореплікаційних структур, можна запропонувати метод, заснований на рухомих клітинних автоматах (РКА). Метод РКА, по-суті, слід вважати своєрідною гібридизацією автоматного підходу та методу молекулярної динаміки або дискретних елементів. Для побудови елементарної моделі процесу самореплікації клітиноподібної структури проводиться її декомпозиція на окремі складові елементи і кожен елемент представляється РКА із відповідною поведінкою, яка залежить від типу елемента та стану оточуючого середовища, тобто від стану сусідніх РКА. Таку штучну структуру ще називають «аніматором» (від Artificial Animal). Перевагами використання РКА при створенні аніматів є: можливість досить гнучкого формування довільної морфології штучної клітиноподібної структури та його органел, легкість імітації процесів синтезу та розкладання окремих фрагментів, задання широкого спектру функціональних властивостей фрагментів, множини яких утворюють відповідні частини структури (мембрани, фібри цитоскелету, цитоплазма тощо). Крім того, автоматний підхід дозволяє досить просто реалізовувати зміну станів молекулярних комплексів та імітувати таким чином процеси, подібні до блокування або активації окремих генів, що ініціюють ті чи інші регуляторні механізми в клітині.

Центральною проблемою побудови будь-якої клітинно-автоматної моделі довільного явища чи системи є задання правил автоматних взаємодій. В нашому випадку для моделювання самореплікаційних структур ми пропонуємо сформуванню досить широкий спектр різноманітних типів РКА та встановити між ними правила рівноважного сусідства. Ці правила передбачають існування навколо окремих типів РКА конкретних бажаних наборів з інших типів. У таких випадках потенціал РКА є мінімальним, а структура, яку вони утворюють є стійкою. Якщо ж РКА не перебувають у позиціях зі своїм рівноважним оточенням, то структура є нестабільною, а отже можна організувати її прямування до рівноважного стану. При цьому можливі два варіанти: або РКА дрейфують у напрямку зменшення потенціалу і таким чином реалізується процес самозбірки (Self-Assembly), або РКА ініціюють вибудовування (синтез)

рівноважного оточення і таким чином реалізується процес саморегенерації. Можна також розглядати комбінацію цих двох варіантів.

Як приклад можна розглянути рівноважну взаємодію двох типів РКА, один з яких (S1) в рівноважному стані повинен бути оточений шістьма РКА іншого типу (S2). А для РКА типу S2 повинно існувати три рівноважних сусіда – один S1 та два S2. Ці правила рівноважного сусідства можна виразити у табличному вигляді:

Кількість сусідів		S1	S2
6	S1	–	6
3	S2	1	2

Демонстрація стійкості структур, сформованих за принципами рівноважного сусідства рухомих клітинних автоматів зображено на рис.1. Наведені відхилення призводять до нерівноважного стану. В наступні моменти часу відбувається самовільне повернення до стану рівноваги та відновлюється початкова структура. Тобто має місце процес саморегенерації.

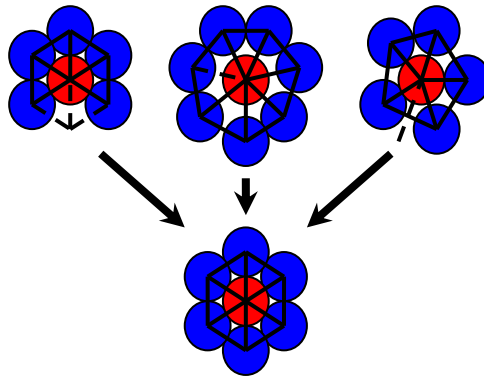


Рис.1. Схематична демонстрація стійкості структур, сформованих за принципами рівноважного сусідства РКА.

Правила взаємодій РКА можна доповнити можливістю активації різних підмножин або переходами від одних типів до інших, залежно від деяких неперервних параметрів (аналог притоку живлячих речовин). Таким чином буде реалізовано довільну періодичну динаміку, частковим випадком якої є самореплікація. Крім того, алгоритм методу можна доповнити механізмом випадкового додавання нових типів РКА до модельованої клітиноподібної структури (аналог мутацій), що може призвести до підвищення стійкості її динаміки, або навпаки – протидіяти ре-

плікації. І нарешті, створивши умови для природного добору, можна організувати еволюцію досліджуваних самореплікаційних клітиноподібних об'єктів.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. J. von Neumann. The Theory of Self-Reproducing Automata. University of Illinois Press, Urbana, 1966, 408 p.
2. Langton C.G. Studying artificial life with cellular automata // Physica D: Nonlinear Phenomena. – 1986. – Vol. 22, № 1. – P. 120-149.
3. Tlidi M., Gandica Y. Self-Replicating Spots in the Brusselator Model // Entropy. – 2016. – Vol. 18, № 64. – P. 12-22.
4. Hutton T.J. Evolvable self-reproducing cells in a two-dimensional artificial chemistry // Artificial Life. – 2007. – Vol. 13, № 1. – P. 11-30.
5. Fellermann H., Rasmussen S., Ziock H.-J., Solé R. V. Life cycle of a minimal protocell – a dissipative particle dynamics study // Artificial Life. – 2007. – Vol. 13, № 4. – P. 319-345.

УДК 519.8

## ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ РОЗПОДІЛУ ТЕРИТОРІЙ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Костичева К.Ю.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»*

**Вступ.** На сьогоднішній день більшість підприємств, що займаються збутом продукції, зіштовхуються з проблемами організації маркетингу продаж, стратегічного планування, а також ефективного розподілу трудових ресурсів. Дослідженням даних проблем займається геомаркетинг, що доцільно проводити за допомогою використання географічних інформаційних систем (ГІС).

ГІС або геоінформаційні системи займаються дослідженням процесу просторових закономірностей у розподіленні даних та взаємозв'язку між об'єктами. Планарні об'єкти (на місцевості) бувають декількох типів: дискретні, неперервні та узагальнені за площею. Складовими частинами ГІС є початковий об'єкт, ресурси (трудові, фінансові, матеріальні, інформаційні тощо), мета перетворень та правила перетворення [1].

Кожен об'єкт має певні особливості, що виокремлюють їх серед інших або навпаки, за допомогою цих особливостей можливе об'єднання

їх у групи. Завдяки такому розділенню полегшується сприйняття, зберігання та обробка великої кількості різнотипної інформації. Така процедура називається кластеризацією, тобто це процес пошуку менших гомогенних груп(кластерів) з набору гетерогенних об'єктів [2]. Кластерний аналіз ділиться на такі основні типи: імовірнісний або нечіткий, перекриваючий, ієрархічний та виключний [3]. Саме останній тип розглядається далі у роботі.

Досить часто у задачах створення ГІС використовуються методи групування або класифікації двовимірних об'єктів для полегшення виконання операцій над ними. У даній роботі розглянуто саме таку задачу та запропоновано її математичну модель.

**Змістовна постановка задачі.** Підприємство, що займається дистрибуторською діяльністю, має  $m$  менеджерів (manager) для обслуговування кожної зі зв'язних територій, на які ділиться вся зона обслуговування. Кожна територія складається з областей або бріків (brick), загальна кількість яких складає  $n$ . З кожною областю асоціюється певна кількість клієнтів або спеціалістів; загалом є  $k$  типів спеціалістів. Менеджери мають обслуговувати кожного спеціаліста лише один раз.

Отже, будемо використовувати такі поняття:

- бріки, як узагальнені за площею просторові об'єкти;
- зв'язні території, як підмножини таких об'єктів;
- менеджер, як певний фахівець, що має обслуговувати клієнтів
- кількість клієнтів одного типу, як кількісна атрибутивна величина об'єкта, що повністю та однозначно характеризує об'єкт;

Основною метою поставленої задачі є знаходження такого об'єднання бріків у території, щоб завантаженість менеджерів була рівномірною. Іншими словами, необхідно знайти таке розбиття на кластери, сума значення атрибутів у яких для кожної групи у середньому має однакові значення. Тобто, слід мінімізувати відхилення від середніх значень атрибутів. При такому підході ця проблема відноситься до проблем кластеризації, що приводить до спеціальної задачі комбінаторної оптимізації.

**Формальна постановка задачі.** Сформуємо математичну модель задачі. Для цього введемо такі позначення:

- кількість менеджерів –  $m$  ;
- кількість бріків (об'єктів обслуговування) –  $n$  ;
- кількість атрибутів –  $k$  ;
- матриця значень атрибутів  $A_{ij}$ , де  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, k}$  ;

- ваговий коефіцієнт атрибуту –  $\omega_j, j = \overline{1, k}$  ;
- матриця суміжності територій  $L_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$  , де  $L_{ij} = 1$ , якщо території  $i$  та  $j$  межують одна з одною та  $L_{ij} = 0$  у протилежному випадку.

Розрахуємо для  $j$ -го атрибуту середнє значення характеристики по об'єктам:

$$\overline{f_j} = \frac{\sum_{i=1}^n A_{ij}}{m}, j = \overline{1, k}. \quad (1)$$

Цю величину можна інтерпретувати як середню кількість спеціалістів певного типу, що обслуговуються одним менеджером.

Нехай маємо множину  $M$  , що складається з  $n$  елементів. Кожен з елементів є територіальною одиницею, кожна з яких визначається підмножиною брїків, яким відповідає певний набір атрибутів.

Як відомо, система множин  $S = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$  називається розбиттям множини  $M$  , якщо ця система задовольняє такі умови:

1. Будь-які дві множини  $X, Y \in S$  є диз'юнктними, тобто мають порожній перетин:  $X, Y \in S, X \neq Y \Rightarrow X \cap Y = \emptyset$ .

2. Об'єднання всіх множин, які входять в розбиття  $S$  , дає всю множину  $M$ :

$$\bigcup_{X \in S} X = M.$$

В нашому випадку довільне розбиття  $S$  на  $m$  непорожніх підмножин, які попарно не перетинаються, визначає розв'язок задачі.

Для  $p$ -го менеджера розраховуватимемо середнє значення  $j$ -го атрибуту, що асоціюється з відповідним брїком, так:

$$\varphi_{pj} = \sum_{\substack{i \in X_p \\ X_p \in S}} A_{ij}, j = \overline{1, k}, p = \overline{1, m}. \quad (2)$$

Використовуючи формули (1)-(2), значення цільової функції можна подати так:

$$f(S) = \sum_{p=1}^m \sum_{j=1}^k \omega_j |\varphi_{pj} - \overline{f_j}| \rightarrow \min, j = \overline{1, k}, p = \overline{1, m}. \quad (3)$$



У зв'язку з тим, що розглядаються території, що мають задовольняти практичним запитам, необхідно ввести умову зв'язності для кожної підмножини розбиття  $S$ , використовуючи елементи матриці суміжності  $L_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$ .

Отже, задача полягає у тому, щоб знайти таке розбиття  $S$ , на якому досягається мінімум цільової функції (3), за умови зв'язності територій, що визначаються цим розбиттям.

**Висновки.** На основі аналізу досліджуваної задачі кластеризації запропонована її формальна постановка. У математичному аспекті вона належить до задач комбінаторної оптимізації підвищеної складності, тому точні алгоритми розв'язування застосовні лише для задач невеликої розмірності. Цим пояснюється актуальність розробки та застосування наближених алгоритмів комбінаторної оптимізації, що стане предметом подальших досліджень.

### Література

1. Митчел Э. Руководство по ГИС анализу. – Часть 1: Пространственные модели и взаимосвязи.: Пер. с англ. – Киев, ЗАО ЕКОММ Со; Стилос, 2000. – 198 с.
2. Olayinka I. O. Hybrid Metaheuristic Algorithm for Clustering – Department of Computer Science University of Manitoba, Winnipeg, Canada – 2018. – 9 с.
3. Олійник А.О. Метод кластеризації даних на основі дерев розв'язків – Запорізький національний технічний університет / С.О. Гофман, С.О. Субботін – Україна – 2012. – 236с.

УДК 004.6:528

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК НЕКОТОРЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ГЕОДАНЫХ НА ПРИМЕРЕ СФЕРЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

К.В. Хурцилава, В.А.Литвинов, С.Я.Майстренко

*Институт проблем математических машин и систем, Украина*

В последнее время происходит активное развитие пространственно-временных геоинформационных систем, оперирующих пространственными геоданными и их изменениями во времени. Концептуальной основой представления и обработки таких данных являются пространственно-временные модели (ПВ-модели) [1-3].

Доклад посвящен сравнительному анализу некоторых ПВ-моделей, которые, по мнению авторов, в большей степени соответствуют требованиям и особенностям представления геоданных для лесной отрасли, где необходимо отслеживание изменения границ и свойств лесных объектов во времени, а также выявление ошибок в лесных геоданных [4, 5].

Лесоустройством по единой системе на всей территории Украины занимается ПО «Укрдержлиспроект», база геоданных которого, по точности приближается к кадастровым данным. Все геоданные хранятся в одной координатной системе с одинаковым масштабом, в явном виде содержат временную компоненту и имеют иерархический характер. В основе иерархии лесного фонда лежат таксационных «выделы» - однородные по таксационным характеристикам участки лесного фонда. Кроме указанной особенности организации лесных геоданных существенное значение для выбора альтернативных конкурентоспособных моделей имеет объем данных, частота внесения изменений, частота и сложность выполнения запросов, наличие (или отсутствие) подвижных объектов и др. С учетом указанных критериев и замечаний выделены три ПВ-модели.

В SS-модели данные хранятся в слоях через дискретные временные интервалы. Отдельный слой сохраняет все то, что относится к заданной тематической области в некоторый момент времени. Слой сопровождается таблицей непространственных данных, связывающей объекты с соответствующими номерами выделов.

В LCG-модели данные хранятся в виде совокупности наименьших общих геометрией (LCG) - неизменных со временем полигонов, которые полностью входят или совпадают с одним из полигонов в каждый заданный момент времени. Связь исторических объектов, времени существования и составляющих их LCG хранятся в базе рекомбинаций. Каждый исторический объект в некоторый момент времени полностью состоит из одной или нескольких LCG.

PO-модель в целом подобна предыдущей, но здесь полигоны хранятся с помощью дуг (линейных сегментов), используемых в этой модели вместо LCG. Таблица дуг предоставляет список дуг со временем их создания и уничтожения, а таблица исторических объектов отражает связь исторических объектов и дуг. При внесении новых исторических объектов измененные объекты заносятся как новые с указанием соответствующих им дуг.

Для проведения сравнительного анализа в качестве основы «бенчмаркинга» на реальных данных построен фрагмент предметной области,

которая изменяется во времени, и рассмотрены его представления тремя выделенными моделям на протяжении четырех лет.

Сводные данные за 4 года по количеству вершин  $V_i^j$ , характеризующие нужный ресурс памяти и объем таблиц рекомбинаций  $R_i^j$ , характеризующие дополнительную временную трудоемкость предварительной обработки геоданных, приведены в таблице 1.

Таблица 1 Характеристики объема памяти

$i$ (Года)	$\Delta V^j$ $V_i^j$			$R_i^j$		
	SS	LCG	PO	SS	LCG	PO
1	27	27	20	0	2	4
2	49	76	58	0	10	21
3	59	135	63	0	12	23
4	65	200	70	0	14	27

Из табл. 1 видно, что за четыре года для представления геоданных в LCG и PO-моделях требует почти в три раза меньше памяти, чем в SS-модели. С другой стороны, SS-модель, не требуя обработки данных при внесении изменений, при внесении новых данных работает значительно быстрее. Однако, это характерно только для некоторого первичного периода представления набора выделов. В основу более взвешенной прогностической оценки были положены относительные показатели, определяющие динамику значений  $V_i^j$  и  $R_i^j$ . В табл. 2 приведены пошаговые относительные значения  $\Delta V^j / \Delta V_i$ ,  $\Delta R^j / \Delta V_i$ ,  $R^j / V_i$ , характеризующие соответственно динамику прироста объемов памяти, дополнительной трудоемкости внесения изменений, дополнительной трудоемкости выполнения запросов.

Таблица 2 Сравнительные характеристики объемов памяти и трудоемкости обработки

	Года			
	1	2	3	4
$\Delta V^{LCG} / \Delta V^{SS}$	1	0.59	0.17	0.14
$\Delta V^{PO} / \Delta V^{SS}$	0.74	0.78	0.08	0.11
$\Delta R^{LCG} / \Delta V^{SS}$	0.07	0.16	0.03	0.03
$\Delta R^{PO} / \Delta V^{SS}$	0.15	0.35	0.03	0.06
$R^{LCG} / V^{LCG}$	0.07	0.18	0.18	0.19
$R^{PO} / V^{PO}$	0.2	0.36	0.37	0.39

В целом, полученные данные, с учетом соответствующих сравнительных качественных оценок [1-3], дают основания для следующих оценочных утверждений.

1) Наибольшей простотой реализации, простотой пользования уже накопленными данными, простотой и скоростью внесения изменений отмечается SS-модель, - особенно для распространенных ГИС, ориентированных на слои. Однако, с ростом количества слоев резко возрастает объем данных, поскольку в каждом слое сохраняются как измененные, так и неизменные объекты. Простые запросы относительно некоторого состояния карты выполняются быстро, но чтобы узнать, как изменился некоторый объект за определенный промежуток времени нужно шаг за шагом просматривать последовательные слои, что может быть очень трудоемким. И, наконец, изменения, произошедшие между двумя временными слоями, - теряются.

2) LCG- и PO-модели требуют значительно меньше памяти, чем SS-модель, при этом, PO-модель экономнее, чем LCG. Это преимущество, однако, сказывается тем больше, чем меньше меняется со временем область отслеживания.

3) Внесение изменений и ответы на запросы характеризуются большей временной трудоемкостью для LCG- и PO-моделей, чем для SS-модели. При этом, LCG-модель работает быстрее PO-модель. Как отмечается в [2, 3] метод наименьших общих геометрий превосходит другие методы в случае, когда необходимо проанализировать изменения некоторой области за заданный временной промежуток. Кроме того, LCG-модель проще реализуется, чем псевдо-объектная. Однако, PO-модель имеет преимущества в скорости при большом количестве изменений и сложной, неоднородной иерархии объектов, или ее отсутствии.

В настоящее время в системе «ГИС-Лиспроект» [4, 5], для которой обновление геоданных выполняется с годовым интервалом, принята наиболее простая для реализации, - SS-модель. Проведенный качественный и количественный анализ дает определенные основания для рекомендаций о применении именно LCG-модели, как инструментальной основы перехода от задач описания и эксплуатации лесного фонда к задачам анализа и управления его развитием.

### **Литература**

1. Е. Г. Капралов и др. Основы геоинформатики. М.: Издательский центр «Академия», т. 1., 2004.
2. T. Ott, and F. Swiaczny, Time-integrative geographic information systems. Berlin: Springer, 2001.

3. A. Borek, and T. Panecki, "Cartographic Visualization of Historical Source Data on AtlasFontium.pl", in Progress in Cartography. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography., G. Gartner, M. Jobst, and H. Huang, Eds. Cham: Springer, 2016. pp. 65-81.

4. Литвинов В. А., Майстренко С.Я., Хурцилава К.В. Типовые ошибки в информационных ресурсах ГИС, правила и особенности их выявления в сфере лесного хозяйства (на примере системы «ГИС-Леспроект») // Математичні машини і системи. – 2016. – №3. – с. 78–90.

5. Майстренко С.Я., Литвинов В.А., Хурцилава К.В. «Типовые правила корректности топологии в геоданных и их применение к сфере лесного хозяйства на примере системы «ГИС-Леспроект»», Часопис картографії : Збірник наукових праць, №14, с. 159–169, 2016.

УДК 528.9

### **РОЗРОБКА ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСУ ДЛЯ НАВЧАЛЬНОЇ БІБЛІОТЕКИ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ РІВНЯННЯ АДВЕКТИВНО-ДИFUЗІЙНОГО ПЕРЕНОСУ**

С.Л. Ківва, С.Я.Майстренко, Т.О. Донцов-Загребя, І.В.Ковалець  
*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України*

Одним з найбільш важливих напрямків розвитку комп'ютерного моделювання в прикладних дослідженнях є підвищення швидкодії та точності чисельних методів розв'язання математичних моделей навколишнього середовища. Наприклад, у моделюванні повітряного та водного середовища однією з найбільш важливих задач є розв'язання адвективно-дифузійного рівняння, яке описує транспорт речовин. У середині минулого сторіччя С.К. Годунов показав, що для рівняння переносу не існує лінійної та монотонної схеми розв'язку, що має порядок апроксимації адвективного оператора вище першого. З того часу продовжується розробка ітераційних (нелінійних) схем розв'язання таких рівнянь, які поєднують високу точність з монотонністю розв'язків. Однак, досі не існує схеми, яка б однаково добре працювала для задач різної розмірності, лінійних та нелінійних рівнянь, забезпечувала усі вимоги консервативності, була достатньо швидкодіюною. Тому в даній галузі тривають активні дослідження. За останні 10 років тільки видавництвом Elsevier було опубліковано понад 5000 статей на тему розробки схем адвективно-дифузійного транспорту.

Навчання студентів сучасним методам моделювання навколишнього середовища також потребує координації щодо реалізації, тестування та

порівняння чисельних схем і зручного доступу до обчислювальних ресурсів. Групою дослідників ППМС проведена попередня робота з інтегрування математичних моделей навколишнього середовища у ряді веб-систем, розроблено веб-сервіс прогнозування погоди на детальних сітках для довільної області на території Земної кулі [1, 2]. Дана доповідь присвячена саме вирішенню питань щодо створення веб-сервісу для дослідження, тестування та порівняння чисельних схем розв'язання рівнянь математичних моделей навколишнього середовища на основі розв'язання модельних задач.

При створенні навчально-дослідної грид-платформи для дослідження та тестування нових чисельних методів, що застосовуються в задачах моделювання навколишнього середовища необхідно виконати перераховані нижче завдання.

Провести планування модельних задач, в першу чергу для рівняння адвективно-дифузійного перенесення та, можливо, й інших.

Сформулювати вимоги та протоколи введення/виведення даних для майбутніх розробників, що стосуються: початкових, граничних умов, параметрів сіток, параметрів виведення, деяких керуючих параметрів, які задаються в уніфікованому форматі, визначеному для даної платформи; уніфікованого формату та параметрів для виведення результатів; вимог щодо використання певних бібліотек лінійної алгебри; вимог стосовно мови програмування для реалізації (C/C++, Fortran) та компіляторів; вимог стосовно документації методу.

Створити початкову версію платформи (програмна реалізація декількох методів та тестування кейзів, що відповідають модельним задачам).

Залучити сторонніх користувачів та фахівців для початкового тестування і наповнення платформи та корегувати платформу з урахуванням досвіду такої роботи, отриманих коментарів та зауважень.

При проектуванні веб-додатку вирішувались такі завдання, як вибір архітектури, проектування бази даних, вибір стеку технологій та інше.

Даний веб-сервіс реалізовано з використанням архітектури клієнт-сервер, що включає веб-вузли з інтерактивним інформаційним наповненням, які взаємодіють з базою даних, з одного боку, і з клієнтом з іншого, функціонуючи в даному проекті за допомогою технологій Java та PHP.

Переваги використання таких сучасних мов програмування, як Java та PHP у сфері веб-розробок і, відповідно, сумісних з ними технологій і стандартів досить істотні. Java- кросплатформна мова на рівні виконання, тобто її виконувані файли можна запускати на різних платформах без попередньої перекompіляції; PHP - кросплатформна мова, що

інтерпретується, її інтерпретатори існують для багатьох платформ. Слід зазначити, що PHP - скриптова мова програмування загального призначення, інтенсивно застосовується для розробки веб-додатків. У даний час підтримується більшістю хостинг-провайдерів і є однією з лідерів серед мов програмування, що застосовуються для створення динамічних веб-сайтів.

Web-сервер реалізовано як поєднання Apache HTTP Server, що генерує статичний і динамічний контент та є надійним і швидким HTTP-сервером, і Apache Tomcat, оскільки звичайний сервер Apache HTTP, не підтримує технології Java-сервлетів. Крім того, проведені дослідження показали, що використання серверу Apache Tomcat для статичних веб-сторінок менш ефективно ніж Apache HTTP.

Для проведення розрахунку користувач повинен задати необхідні параметри: тип схеми розв'язку (монотонна та центрально-спрямована схеми першого і другого порядку апроксимації за часом та метод частинки); тип початкової умови (циліндр, конус, пагорб); тип умов швидкості (обертання, деформація); розмір сітки (100x100, 200x200, 300x300, 400x400); проміжок часу моделювання та проміжок часу виведення результатів.

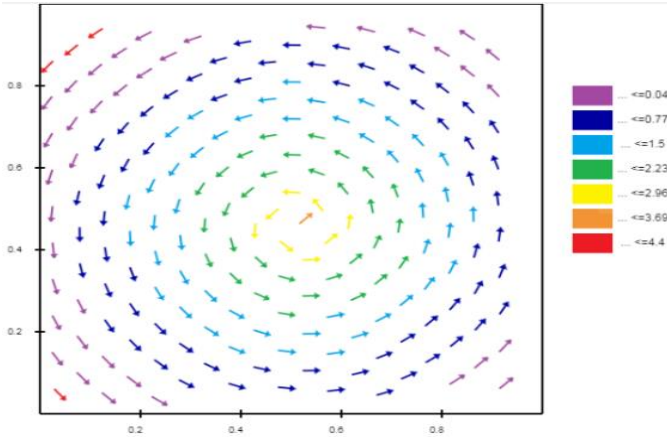


Рисунок 1 – Швидкість обертання

Початковий та кінцевий моменти розрахунку будуть присутні обов'язково. Крім того, користувач може задати до 5 проміжних моментів часу, на які буде виконуватись розрахунок.

Інформація стосовно проведених Користувачем розрахунків зберігається в журналі БД і може використовуватись для перегляду результатів прогнозування за вимогою.

Для проведених розрахунків у веб-сервісі присутня можливість перегляду результатів у вигляді: схеми швидкості обертання (рис.1); ізолінії та ізоповерхні.

Для забезпечення можливості порівняння результатів на різні моменти часу, градація виконується відповідно до значення максимальної концентрації для всіх моментів розрахунку. На рис. 2 наведено результат розрахунку для монотонної схеми розв'язку, умов швидкості обертання, початкової умови у формі циліндра, розміру сітки 100x100 на початковий та кінцевий моменти (зліва – початкові умови; справа – результати після одного періоду обертання ( $T=1.0$  с)).

При необхідності дані, для яких виконано візуалізацію, можуть бути експортовані в файли формату XLSX/TXT.

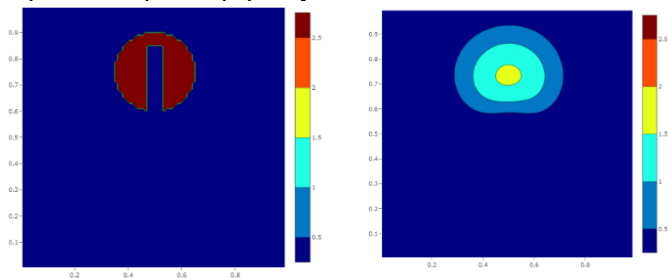


Рисунок 2 – Візуалізація результатів розрахунку

Таким чином, на базі програмного коду, що реалізує бібліотеку DSTEST (Difference Scheme TESTing) [3], створено веб-сервіс для навчання студентів та аспірантів сучасним чисельним схемам розв'язання рівняння адвективного транспорту. Бібліотека дозволяє отримувати розв'язки з використанням сучасних чисельних схем для різних початкових умов, різних полів швидкості, що, у свою чергу, дозволяє порівнювати нові схеми, які розробляються за найкращими сучасними аналогами при ідентичних умовах розрахунку. Планується подальший розвиток створених веб-сервісів для виконання розрахунків у хмарній інфраструктурі.

## Література

1. Майстренко С.Я., Ковалець І.В., Беспалов В.П., Загреба Т.О., Хурцилава К.В. Прототипна версія системи «Повітря» для розрахунку



зон уражень внаслідок викидів небезпечних речовин в атмосферу на основі використання скринінгових моделей та Web-технологій // Математичні машини і системи. – 2016. – № 4. – С. 33 – 41.

2. Ковалець І.В., Майстренко С.Н, Загреба Т.О., Полонський О.О., Хурцилава К.В. "Веб-система прогнозування метеорологічних умов для довільної території на детальних сітках" // Математичні машини та системи. – 2018. - №1.

3. Ківва С.Л. (2017) Розділ 1. Навчально-дослідна грід-платформа для дослідження та тестування новихчисельних методів, що застосовуються у задачах моделювання навколишнього середовища. Чисельне розв’язування рівняння конвективної дифузії // Звіт за проектом «Створення віртуального центру цифрової науки» (під ред.: О. Антонюк) № держреєстрації 0117U002812, К.:Інститут математики НАН України, 2017.

УДК 539.16.04

## **ФІЗІОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ У РИБИ**

Р.В. Беженар

*Інститут проблем математичних машин і систем, Україна*

Загальновідомо, що різні радіонукліди по різному накопичуються в рибі. Більшість з них накопичуються в певних тканинах, в залежності від своїх хімічних властивостей та біологічних процесів в організмі. Наприклад, ізотопи цезію накопичуються переважно в м’язовій тканині, ізотопи стронцію чи радію – в кістковій. Інші радіонукліди, такі як кобальт, марганець, цинк, плутоній і т.д. накопичуються в певних органах: нирках, печінці, шлунку та ін. Даний факт був взятий за основу підходу BURN [1], де вважалося, що концентрація радіонукліду в рибі визначається концентрацією в тканині, де цей радіонуклід переважно накопичується. При цьому вмістом активності в тканинах з низькою концентрацією нехтувалося. Проте даний підхід справедливий лише для деяких радіонуклідів, які більш-менш рівномірно розподіляються у всьому організмі. Для радіонуклідів, які накопичується в тканинах з невисокою масовою часткою, його застосування приводить до суттєвого заниження розрахованої концентрації в рибі. Тому, в загальному випадку, концентрацію радіонукліду в рибі потрібно розраховувати за допомогою сумування концентрацій в різних тканинах з урахуванням їхньої масової частки:

$$C_{fish} = \sum_{k=1}^m C_k f_k, \quad (1)$$

де  $f_k$  – масова частка  $k$ -тої тканини (див. табл. 1),  $C_k$  – концентрація радіонукліду в  $k$ -тій тканині.

В даній роботі цей підхід був реалізований в камерній моделі POSEIDON-R [2], особливістю якої є можливість проведення одночасного розрахунку концентрації радіонуклідів у воді, донних відкладеннях і морських організмах. Для опису процесу засвоєння активності рибою з води і з їжі використовуються три рівняння, кожне з яких відповідає за накопичення забруднення в окремій тканині (кістках, м'язах і органах). Ці тканини були вибрані на основі великих відмінностей в часі оновлення клітин (біологічному часі напівжиття). Хоча фізіологічні властивості печінки, нирок, шлунку та інших органів риби відрізняються, в моделі реалізується припущення, що процеси накопичення і виведення забруднення в них є схожими і значно відрізняються від таких процесів в кістках і м'язах. З точки зору моделювання це означає, що забруднення, яке відклалося в кістках, залишатиметься там найдовше, а з органів воно буде виводитися досить швидко, що узгоджується з спостереженнями. Саме через значну відмінність в біологічному часі напівжиття трьох тканин, вважається, що процеси накопичення і виведення забруднення в них відбуваються незалежно.

Таким чином, отримуємо систему рівнянь, за допомогою якої знаходиться концентрація забруднення в кістках ( $C_{bone}$ ), м'язах ( $C_{flesh}$ ) і органах ( $C_{organ}$ )

$$\begin{cases} \frac{dC_{bone}}{dt} = a_b K_f C_f + b K_w C_w - \ln 2 / T_{0.5(b)} C_{bone} \\ \frac{dC_{flesh}}{dt} = a_f K_f C_f + b K_w C_w - \ln 2 / T_{0.5(f)} C_{flesh} \\ \frac{dC_{organ}}{dt} = a_o K_f C_f + b K_w C_w - \ln 2 / T_{0.5(o)} C_{organ} \end{cases}, \quad (2)$$

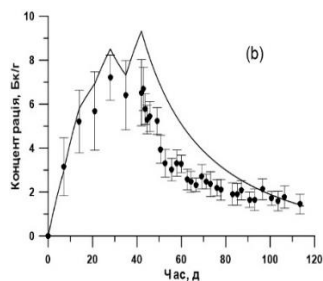
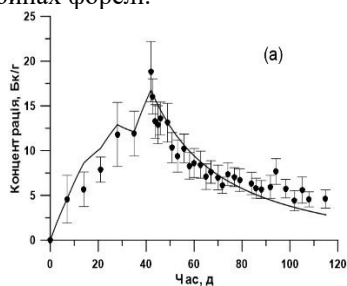
де  $C_f$  – концентрація радіонукліду в їжі,  $a_i$  – коефіцієнти засвоєння забруднення з їжі,  $K_f$  – денна величина споживання їжі,  $b$  – коефіцієнт засвоєння забруднення з води,  $K_w$  – кількість води, що проходить через організм риби за день;  $T_{0.5(i)}$  – біологічний час напівжиття радіонуклідів в організмі, індекс  $i$  приймає 3 значення:  $i = b$  (кістки),  $i = f$  (м'язи),  $i = o$  (органи). Основні параметри моделі описані в [2].

Коефіцієнти  $a_i$  були визначені (див. табл. 1) на основі експериментальних даних про відношення концентрацій різних радіонуклідів в організмі риби до відповідних концентрацій в кожній тканині [3]. При цьому відношення отриманої за формулою (1) концентрації активності в рибі до концентрації в оточуючій воді в рівноважних умовах повинні дорівнювати стандартному значенню концентраційного фактору [4].

**Таблиця 1.** Коефіцієнти засвоєння радіонуклідів з їжі  $a_i$  для різних тканин

Тканина	Кіс тки	М' язи	Орга ни
Масова частка $f_k$	0.12	0.8	0.08
Коефіцієнти засвоєння для ізотопів Cs	0.02	0.7	0.3
Коефіцієнти засвоєння для ізотопів Sr	0.2	0.2	0.35
Коефіцієнти засвоєння для ізотопів Co, Mn, Zn, Fe, Ni, Ag...	0.00 5	0.05	0.5

Щоб провести тестування розробленої моделі, вона була використана для відтворення результатів експерименту методом порівняння розрахованих і вимірних значень концентрації. Експеримент по накопиченню трьох радіонуклідів в рибі протягом фази засвоєння та затухання їхньої концентрації в організмі протягом фази виведення дуже добре описаний в роботі [5]. В фазі засвоєння 10 особин молодого форелі масою  $11.3 \pm 1.2$  г годувалися забрудненою їжею (мальками коропів) на протязі 42 днів. При цьому були вказані концентрації радіонуклідів  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$  і  $^{137}\text{Cs}$  в коропках та добовий раціон форелі. Після фази засвоєння форелі давали незабруднену їжу протягом 73 днів, що склало фазу затухання. Періодично проводилися виміри концентрації радіонуклідів в усіх особинах форелі.



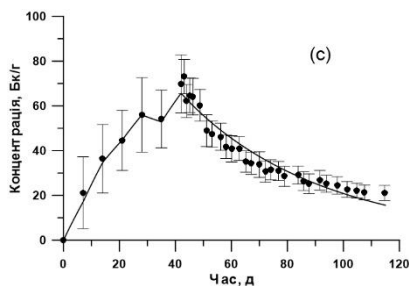


Рис. 1. Концентрація  $^{60}\text{Co}$  (а),  $^{54}\text{Mn}$  (б) і  $^{137}\text{Cs}$  (с) в організмі риби (молодих особин форелі), розрахована за допомогою розробленої моделі (лінії на графіках) та отримана в експерименті (точки з довірчими інтервалами), описаному а роботі [5].

Розрахована концентрація  $^{60}\text{Co}$  в рибі узгоджується з вимірною (рис. 1а) як для фази засвоєння забруднення, так і для фази його виведення. У випадку  $^{54}\text{Mn}$  (рис. 1б) було отримане добре узгодження для фази засвоєння і дещо завищені значення концентрацій для фази виведення. Хоча співвідношення між розрахованими і вимірними концентраціями не перевищує 2, що є прийнятним, беручи до уваги складність описаних процесів. Засвоєння рибою  $^{60}\text{Co}$  і  $^{54}\text{Mn}$  відрізняється від засвоєння  $^{137}\text{Cs}$ , оскільки вони переважно накопичуються в різних тканинах ( $^{60}\text{Co}$  і  $^{54}\text{Mn}$  накопичується в основному в органах, тоді як  $^{137}\text{Cs}$  – в м'язах). Через це, добре узгодження розрахованих і вимірних концентрацій  $^{137}\text{Cs}$  в рибі протягом фаз засвоєння і виведення (рис. 1с) підтверджує правильність прийнятих в моделі узагальнень.

Застосування розробленої моделі до відтворення змін концентрації трьох радіонуклідів в молодій хижій рибі показало добре узгодження розрахованих і вимірних протягом експерименту концентрацій як для фази засвоєння забруднення, так і для фази його виведення з організму. Перевагою моделі є можливість її застосування для широкого спектру радіонуклідів, які переважно накопичуються в різних тканинах риби.

Робота виконувалась за підтримки МАГATE (проект CRP K41017 «Behavior and Effects of Natural and Anthropogenic Radionuclides in the Marine Environment and their use as Tracers for Oceanography Studies»).

## Література

1. Heling R., Koziy L., Bulgakov V. A dynamical approach for the uptake of radionuclides in marine organisms for the POSEIDON model system // Radioprotection, 2002. – Vol 37, C1. – P. 833-838.
2. Maderich V., Bezhenar R., Tateda Y., Aoyama M., Tsumune D., Jung K.T., de With G. The POSEIDON-R compartment model for the

prediction of transport and fate of radionuclides in the marine environment // MethodsX, 2018. – Vol. 5. – P. 1251-1266.

3. Yankovich T., Beresford N., Wood M., Aono T., Anderson P., Barnett C.L., Bennett P., Brown J.E., Fesenko S., Fesenko J., Hosseini A., Howard B.J., Johansen P., Phaneuf M.M., Tagami K., Takata H., Twining J.R., Uchida S. Whole-body to tissue-specific concentration ratios for use in biota dose assessments for animals // Radiation Environmental Biophysics, 2010. – Vol. 49. – P. 549-565.

4. IAEA, International Atomic Energy Agency. Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine environment // Technical Report Series No 422. – IAEA: Vienna, Austria, 2004. – 95 p.

5. Baudin J.P., Adam C., Garnier-Laplace J. Dietary uptake, retention and tissue distribution of <sup>54</sup>Mn, <sup>60</sup>Co and <sup>137</sup>Cs in the rainbow trout (*Oncorhynchus mikiss walbaum*) // Water Research, 2000. – Vol. 34 (11). – P. 2869-2878.

UDC 004.75

## **СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ МІКРОКЛІМАТУ**

Пархоменко Б.М., Ткачук Н.О., Щипун О.В.

*Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна*

Системи дистанційного моніторингу є невід'ємною складовою сучасних комплексних рішень по відстеженню показників середовища. Вони дозволяють вивільнити робочий час людини-оператора, підвищують надійність системи, зокрема, за їх допомогою можна створювати віддалене керування обладнанням. Одна з головних задач – це відстеження показників мікроклімату середовища в приміщеннях. Ціль її у покращенні клімату кімнати у разі виникнення відхилень, що у свою чергу напряду впливає на здоров'я людини.

Метою роботи є створення системи дистанційного моніторингу параметрів мікроклімату приміщення для покращення здоров'я людини-користувача. Для цього потрібно вирішити такі задачі:

- провести аналіз існуючих аналогів і створити архітектуру системи;
- обґрунтувати вибір компонентів системи;
- розробити програмне забезпечення системи;
- провести інтеграцію і тестування системи.

На основі проведеного аналізу було створено наступну архітектуру системи, зображену на рисунку 1.

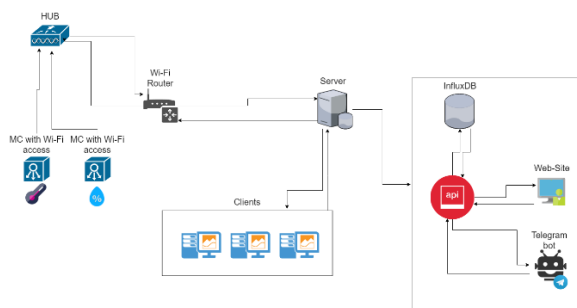


Рисунок 1 – Архітектура системи

Головною особливістю створюваної архітектури є те, що системою датчиків, яких може бути до 10, керує центральний пристрій (на рисунку HUB). Його суть полягає у зборі даних з усіх сенсорів і надсилання їх до бази даних часових рядів – InfluxDb, з якої дані зчитується через методи API за запитом клієнта для їх подальшого відображення в адміністративній панелі браузера або мобільному застосунку чи Телеграм боті.

Створений прототип системи за архітектурою описаною вище працює на базі аматорської платформи Arduino Uno R3. Дана платформа є дешевою для організації на ній базових можливостей зчитування показань з датчиків та відправки їх мережею Інтернет для збереження в базі даних. Основними частинами Arduino є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є підмножиною C/C++. Для зчитування базових показників мікроклімату, а саме температури та вологості використовується датчик DHT22. На рисунку 2 показано його базові характеристики.

Model	AM2302	
Power supply	3.3-5.5V DC	
Output signal	digital signal via 1-wire bus	
Sensing element	Polymer humidity capacitor	
Operating range	humidity 0-100%RH;	temperature -40~80Celsius
Accuracy	<b>humidity +2%RH</b> (Max +-5%RH);	temperature +-0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH;	temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH;	temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+-0.3%RH	
Long-term Stability	+-0.5%RH/year	
Interchangeability	fully interchangeable	

Рисунок 2 – Характеристики датчику DHT22

Точність даних, яку надає DHT22, достатня для створення прототипу.

InfluxDB є базою даних часових рядів, орієнтованою на зберігання великого обсягу даних для їх аналізу в реальному часі. Вона забезпечує можливість запису та обробки запитів за допомогою інтерфейсу командного рядка, має вбудований HTTP-API, набір бібліотек клієнта (наприклад, Go, Java та Javascript). Підтримка вхідного формату даних JSON дозволяє формувати клієнтські запити, що зручно для читання та написання і людиною і комп'ютерною системою.

У результаті роботи над прототипом вдалося створити та перевірити модель з базовим функціоналом зчитування показників мікроклімату та відображення їх для клієнта у вигляді графіків та температурної карти. Наразі пристрій інтегровано в офісне приміщення, де проводиться його тестування та доопрацювання апаратної та програмної частин.

### **Література**

1. InfluxDB is the Time Series Database in the TICK Stack [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.influxdata.com/time-series-platform/influxdb/>

2. Роботи: інформація для розробників [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://tlgrm.ru/docs/bots>

## **ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ CALPUFF ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВНАСЛІДОК АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС**

О.В.Халченков, І.В.Ковалець

*Інститут проблем математичних машин та систем*

**Вступ.** Аварія 1986 року на Чорнобильській АЕС стала прикладом великої радіаційної аварії, що призвела до значного забруднення територій радіоактивними ізотопами далеко за межами зони відповідальності АЕС. Однією з причин, що не дозволила під час аварії у повній мірі забезпечити радіологічний захист населення, була відсутність комп'ютерних систем підтримки і прийняття рішень, що дозволили б провести оперативну оцінку і прогноз розповсюдження забруднень. Розроблена пілотна версія системи прогнозування наслідків екологічних катастроф «Повітря» [1,2] дозволяє використовувати сучасну Ейлерово-Лагранжеву регіональну модель атмосферного переносу забруднень CALPUFF у зв'язі з прогностичною мезомасштабною метеорологіч-

ною моделлю WRF [3]. Ця система дозволяє виконати чисельне моделювання переносу забруднення і спрогнозувати наслідки подібних аварій.

У даній роботі приведений досвід використання моделі CALPUFF у зв'язці з моделлю WRF для ретроспективного моделювання атмосферного перенесення забруднення внаслідок масштабної техногенної аварії на Чорнобильській АЕС і реконструкції полів радіоактивного забруднення.

**Метеорологічне моделювання.** Для моделювання тривимірних метеорологічних полів була використана метеорологічна система WRF-Україна [3]. У якості початкових та граничних умов були використані дані глобального реаналізу ERA5 [4], у якості даних про підстилаючу поверхню були використані дані глобального набору MODIS. Моделювання проводилося з використанням розрахункової сітки розміром 154x96 з кроком 0.15 градусів. На рис.1 приведені розраховані та поміряні значення вибраних метеорологічних характеристик для міста Києва. На рис. 2 приведені отримані у результаті моделювання поля опадів за період з 26 квітня по 7 травня 1986 року.

**Модель атмосферного переносу.** Для моделювання атмосферного переносу використовувалася модель CALPUFF, котра вже неодноразово була успішно використана в задачах атмосферного перенесення забруднень внаслідок техногенних аварій. Моделювання виконувалося на розрахунковій сітці 120x120 з кроком 10 км. У якості підстилаючої поверхні були використані дані глобального набору категорій землекористування MODIS з розрішенням 15 секунд та дані глобального набору топографічних висот SRTM з розрішенням 3 секунди.

Моделювання проводилось для ізотопів  $^{137}\text{Cs}$ . Джерело забруднювання моделювалося, як ряд нестационарних точкових джерел розміщених на різних висотах. У кожен окремий момент часу вважалося, що працює лише одне з джерел, висота якого приймалася рівній висоті основного викиду у відповідний момент часу, а інтенсивність якого приймалася рівній загальній інтенсивності викиду для того ж моменту часу (дані про джерело були взяті з роботи [5]).



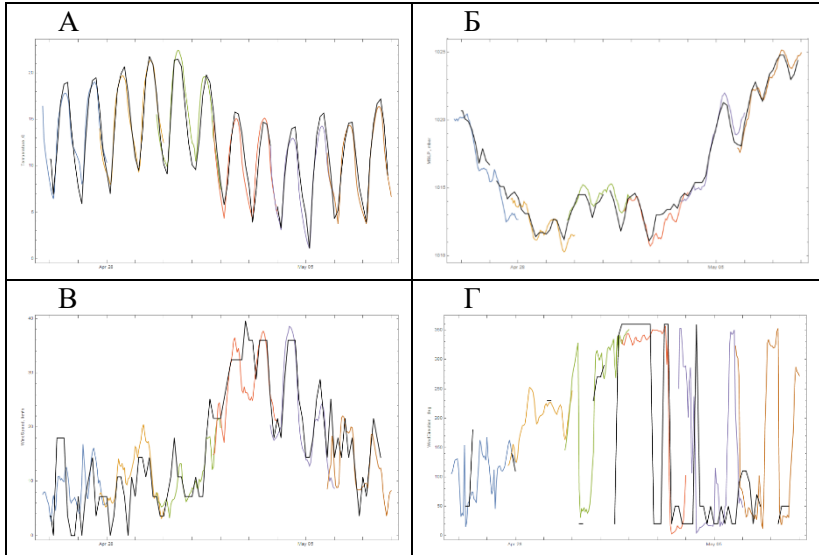


Рисунок 1 Розраховані та поміряні (чорним) метеорологічні характеристики: А - температура, Б – атмосферний тиск, В - швидкість вітру, Г - напрямок вітру;

Модель CALPUFF містить два різні механізми випадіння забруднювачів, для твердих частинок і для газів. У даній роботі моделювання розповсюдження ізотопів  $^{137}\text{Cs}$  проводилося з налаштуваннями характеристик випадіння, як для твердих частинок, параметри осадження задавалися так, як в роботі [2]. Радіоактивний розпад ізотопів у процесі моделювання не враховувався. Коефіцієнти дисперсії визначалися у відповідності до категорій стійкості за схемою Паскуїла Гіфорда. Для підготовки тривимірних метеорологічних полів використовувався метеорологічний препроцесор CALMET, котрий у якості вхідної інформації використовував метеорологічні поля отримані у моделі WRF.

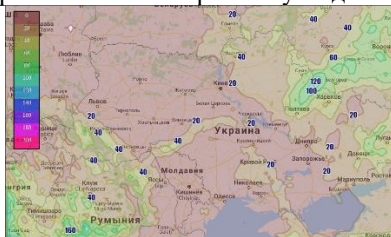


Рисунок 2 Розподіл атмосферних опадів по території України за період з 26 квітня по 7 травня 1986 р. за результатами моделювання WRF

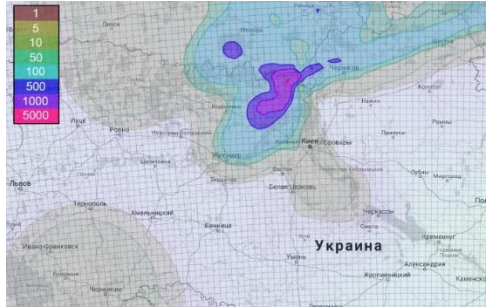


Рисунок 3 Поле щільності випадіннь Cs137 в Україні згідно результатами моделювання Calpuff (ізолінії: 5, 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 кБк/м<sup>2</sup>)

**Результати моделювання.** Модель дозволила отримати середньочасові, середньодобові, максимальні, та середні характеристики забруднення для довільного часового періоду у межах моделювання, та у довільній точці у межах розрахункової сітки. Отримані поля випадіння ізоотопу <sup>137</sup>Cs (рис.3) узгоджуються з даними приведеними у інших дослідженнях [5]. Для статистичної оцінки результатів було проведено порівняння з інтерпольованими на регулярну сітку значеннями помірних концентрацій <sup>137</sup>Cs у ґрунті [6]. Отримане значення FB=0.04 (fractional bias) свідчить про фактично відсутню систематичну похибку моделювання. В той же час отримане досить значне NMSE=3.73 (normalized mean squared error), що свідчить про можливість подальшого вдосконалення моделювання, шляхом уточнення вибраного нами способу представлення джерела, та більш детального метеорологічного моделювання.

**Висновки** Регіональна нестационарна модель атмосферного переносу Calpuff у зв'язі з мезомасштабною метеорологічною моделлю WRF дозволяє всебічно досліджувати наслідки різноманітних техногенних аварій навіть таких складних, як аварія на ЧАЕС. Дана модель може бути успішно використана у сучасних системах підтримки прийняття рішень, таких як система «Повітря».

### Література

1 Kovalets, I.V., Maistrenko, S.Y., Khalchenkov, A.V., Zagreba, T.A., Khurtsilava, K.V., Anulich, S.N., Bepalov, V.P., and Udoenko, O.I. , Povitrya web-based software system for operational forecasting of atmospheric pollution after manmade accidents in Ukraine // Наука та інновації, 2017, 13(6), 11-22, doi: 10.15407/scin13.06.013 – pp 11-22

2 Майстренко С.Я., Халченков О.В., Донцов-Загреба Т.О., Беспалов В.П., Хурцилава К.В., Полонський О.О., Ковалець І.В. Веб-система прогнозування атмосферного забруднення в Україні на основі ланцюга моделей прогнозу погоди та атмосферної дисперсії // Математичні машини та системи. – 2019. - №2 (у друці)

3 А.М. Гузий, И.В. Ковалец, А.А. Куцан [та ін.], Система численного прогноза погоды «WRF-Украина» // Математичні машини і системи. – 2008. – № 4. – С. 123 – 131

4 Hoffmann, L., Günther, G., Li, D., Stein, O., Wu, X., Griessbach, S., Heng, Y., Konopka, P., Müller, R., Vogel, B., and Wright, J. S.: From ERA-Interim to ERA5: the considerable impact of ECMWF's next-generation reanalysis on Lagrangian transport simulations, Atmos. Chem. Phys., 19, 3097-3124, <https://doi.org/10.5194/acp-19-3097-2019>.

5 Талерко М.М. Реконструкція і прогнозування радіоактивного забруднення внаслідок комунальної радіаційної аварії за допомогою моделювання атмосферного перенесення (на прикладі аварії на Чорнобильській АЕС), Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, Київ – 2011 – С 417

6 M. De Cort, G Graziani, F Raes, D Stanners, G. Grippa, I Ricapito, Radioactive measurements in Europe after the Chernobyl accident, part 2: fallout and deposition, Commission of the European Communities, Luxembourg 1991, PP 174

## **СИСТЕМА ПРОГНОЗА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ОУ И НБК**

М.В.Савельев

*Институт проблем математических машин и систем НАН, Украина*

Летом 2019г. завершается один из ключевых этапов в ликвидации последствий аварии на 4ом энергоблоке ЧАЭС – передается в эксплуатацию Новый Безопасный Конфаймент (НБК) Объекта «Укрытие» (ОУ). Этим событием завершается более 20-летний План мероприятий преобразования Объекта Укрытие в экологически безопасное состояние. Однако, несмотря на успешное завершение этого грандиозного проекта, следует заметить, что ряд научно-практических задач остались без решения. Одной из таких задач является эффективный прогноз радиационной обстановки в помещениях ОУ и подарочном пространстве НБК.

Одной из главных причин нерешенности данной задачи стала сложность решения данной задачи классическими методами, основанными

на различных физических теориях и описаниях физических процессов. Для системы НБК + ОУ, наиболее обещающее решение в данном направлении разрабатывает Институт Технической Теплофизики НАНУ в кооперации с Институтом Проблем Безопасности АЭС НАНУ [1]. Для помещений ОУ выполнялись попытки решить данную задачу путем построения регрессионных моделей [2], однако данное решение выявилося несостоятельным в условиях ОУ.

Немалую роль в отсутствии адекватных моделей играла относительно ограниченная информация об ОУ. В частности, отсутствие выявленной корреляционной зависимости между рядом наблюдавшимися изменениями радиационной обстановки и достоверно известными событиями (выполнение работ, изменение метеорологических и сезонных факторов и т.п.). С запуском в эксплуатацию систем радиационного контроля ОУ (ССРК ИАСК) и НБК (СРК НБК) осуществляются регулярные автоматические измерения радиационных параметров и их архивирование. К настоящему времени накоплены значительные данные, позволяющие вернуться к поиску адекватных моделей изменения радиационной обстановки на основе анализа временных рядов.

Одним из решений практической задачи прогноза радиационной ситуации, до построения верифицированной физико-математической модели переноса загрязнений, может являться построение вычислительной системы, которая на основе непрерывного потока информации от объекта контроля будет просчитывать ряд конкурирующих прогнозных моделей и выдавать оператору как минимум два прогноза – наиболее консервативный и наиболее адекватный. При этом величину адекватности модели можно рассчитывать как среднеквадратичную ошибку прогноза.

Для решения данной задачи потребуется разработать информационно-вычислительную систему, включающую в себя: подсистему сбора первичных данных; подсистему разделения доступа к данным со стороны конкурирующих моделей; подсистему изоляции вычислительных потоков; подсистему оценки адекватности моделей; подсистему представления данных оператору.

В части моделей и методов прогноза предлагается рассмотреть, как минимум, модель ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average – модель авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего), известную как метод Бокса-Дженкинса [3]. А также модели, построенные на методе группового учета аргументов (МГУА) [4].

## Литература

[1] Круковский П.Г. Модель теплогазодинамического, влажностного и радиационного состояния Нового Безопасного Конфайнмента и Объекта "Укрытие" (для поддержки проекта преобразования объекта «Укрытие») / Круковский П.Г., Метель М.М., Полубинский А.С., Краснов В.А., Скляренко Д.И., Дейнеко А.И.

[2] Интегрированная База Данных Объекта Укрытие. Подсистема взаимодействия с Интегрированной Автоматизированной Системой Контроля ОУ. Пояснительная записка. Консорциум IBS – Чернобыльский центр, 2006

[3] Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Вып. 1: Пер. с англ. – М.: Мир, 1974. – 408 с.

[4] Ивахненко А. Г., Юрачковский Ю. П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. - М.: Радио и связь, 1987. – 120.

УДК 528.4

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГЕОСИСТЕМНОГО МОНІТОРИНГУ ЛІСОВИХ ТЕРИТОРІЙ

С.В. Коваленко, М.Є. Сахно

*Чернігівський національний технологічний університет*

На сучасному етапі розвитку нашої держави постає проблема моніторингу лісів України, оскільки в останній час збільшилися обсяги незаконних вирубок, що несе загрози екології країни та підвищує рівень корупції та фінансові втрати державного бюджету. Погіршення стану лісів на сьогоднішній день є однією з найбільш актуальних проблем, рішення якої досить ефективно відбувається з використання сучасних систем геосистемного моніторингу навколишнього середовища. Набутий вітчизняними фахівцями досвід дозволяє використовувати результати моделювання та обробки геосистемних даних для розрахунку зміни площ лісових масивів, визначення типів лісів, їхнього породного складу та віку переважно на регіональному рівні [1,2].

Тому головною метою даної роботи є процеси моделювання системи проведення моніторингу лісів, які слід розглядати як єдиний інформаційний комплекс, що дає можливість оцінити стан території країни та визначити обсяги лісових насаджень і головне незаконних вирубок, що впливатиме на екологічну та фінансову ситуацію в державі. І для запобігання негативному впливу вирубки лісів на навколишнє середовище

необхідно використовувати сучасні геоінформаційні програмні комплекси, які дають можливість досить швидко та з заданою точністю оцінити масштаби лісових ділянок і прийняти рішення щодо природоохоронних заходів для ефективного господарювання в лісах України [3].

Оцінку кількості лісів Пакульської сільської ради Чернігівської області було оцінено за період з 2000 по 2017 роки за допомогою сервісу «Global Forest Watch» а також з використанням геодезичного програмного комплексу ArcMap. Створені в результаті математичного моделювання цифрові шари об'єктів екологічного моніторингу дозволяють порівнювати та співставляти дані про характеристики екологічного стану, отримані у результаті вимірювань або спостережень. Дані заносяться у відповідні поля атрибутивної таблиці та можуть використовуватись для автоматизованого опрацювання.

Використовуючи «Global Forest Watch» було встановлено, що сервіс дає можливість визначити обрану ділянку на певній території, але не дає даних по площі кожної досліджуваної ділянки. Щоб отримати такі дані були побудовані всі полігони окремо в програмному продукті ArcMap на основі базової карти, що дає можливість з даних атрибутивних таблиць визначати площу кожної окремої вирубною ділянки лісу з заданою точністю. Порядок проведення дослідів наступний: спочатку до програми додається базова карта, потім через вікно каталогу створюється нова файлова база даних, в яку додається клас просторових об'єктів. В меню каталог обирається полігон та створюються шари з ділянками. Проводимо аналіз досліджуваної території з ділянками лісу та отримуємо виміри площ полігонів вирубного лісу, що показано на рис. 1, де червоним кольором виділений вирубаний ліс, а зеленим нові насадження.

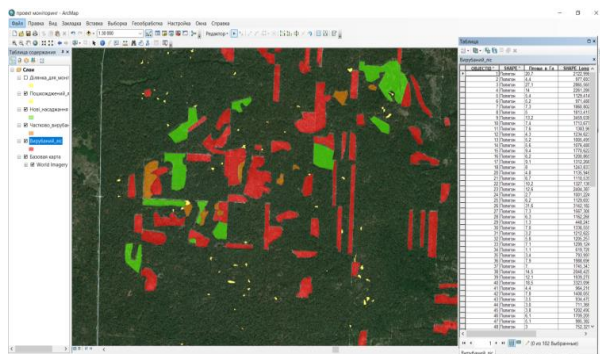


Рис. 1. Моніторинг лісу в програмному комплексі ArcMap

Із зображення на рис.1 видно, що площа вирубаних лісів значно перевищує площу знов посаджених і це відношення становить приблизно 1:3. Після проведення вимірів можна сказати що за останні 17 років на даній території було вирубано близько 20% лісів.

### **Література:**

1. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем /В.Д. Шипулін. – Харків: ХНАМГ, 2012. – 312 с.
2. Жолобак Г.М. Вітчизняний досвід супутникового моніторингу лісових масивів України/ Г. М. Жолобак //Космічна наука і технологія, 2010. Т.16. №3.- С.46-54.
3. Моніторинг лісу [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.eco-initiatives.org.ua/page/chergovij-kosmichnij-monitoring-lisu>.

УДК 517.957

## **ЯКОЮ МАЄ БУТИ СУЧАСНА СППР ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ВРЯДУВАННЯ?**

А.О.Демиденко<sup>1</sup>,

*Відділення математичного моделювання довкілля, ІПММС НАНУ*

Є.А.Демиденко,

*КНУ ім. Т.Шевченка, ІМВ*

В Україні до останнього часу екологічне врядування велося відповідно до застарілих радянських стандартів. Зокрема, Закон України встановлює, що одним з основних принципів охорони навколишнього середовища є «додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів», екологічна безпека «є такий стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження виникнення небезпеки», і забезпечується безпека «неперевищенням гранично допустимих нормативів забруднень навколишнього природного середовища» [1]. За таких умов ефективність процесу екологічного врядування визначається «базовими стандартами, дотримання яких забезпечує високий рівень ефективності».

Проте просто дотримання нормативів не забезпечує високий рівень ефективності врядування. На цьому давно наголошує Європейська Комісія (ЄК) та Організація Економічного Співробітництва та Розвитку

(ОЕСР), аналізуючи екологічне законодавство пострадянських країн [2, 3]. Справа в тому, що радянські нормативи були встановлені виходячи з неприйнятності хоч якогось ризику (в українському Кодексі цивільного захисту теж досі написано, що “безпека - це відсутність ризиків”) і тому стратегія неперевищення нормативів не дає можливості розробки хоч якоїсь стратегії розвитку. За відсутності стратегії розвитку, немає і можливості застосування what if... або оптимального моделювання для створення СППР. Хоча б тому, що ступінчата функція не диференціюється.

В зв'язку з цим ОЕСР запропонувала відмову від оцінки ефективності врядування лише по “*дотриманню нормативів*”, натомість запропонувавши нові принципи належного врядування (сформульовані для водного врядування в [3]):

Головні принципи описуються при цьому наступним чином:

- Результативність/effectiveness – це визначення чітких цілей та цільових показників, досягнення очікуваних цілей,
- Ефективність/efficiency – це досягнення очікуваних цілей стійкого управління ресурсами з найменшими витратами для суспільства,
- Довіра та залученість – це зміцнення довіри та забезпечення залучення зацікавлених сторін шляхом демократичної легітимності та справедливості для суспільства в цілому.

Очевидно, що таке визначення результативності дає широкі можливості для застосування what if... моделювання, а таке визначення ефективності - для застосування оптимального моделювання і створення відповідної СППР. Для України такі можливості відкрилися разом із оновленням цілей Екологічної Стратегії (дивись [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=63948](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=63948)), де тепер ціллю сучасного екологічного врядування є «забезпечення сталого розвитку» замість «забезпечення безпеки», і «зменшення екологічних ризиків» замість «захисту довкілля». Проте перипетії з формулюванням цілі щодо ризиків свідчать про те, що навіть із затвердженням оновлених цілей Верховною Радою, розуміння ризику, як добутку вірогідності несприятливої події та її результату, в суспільстві не змінилося.

Ця проблема стала особливо очевидною під час національної адаптації Цілей Сталого Розвитку (ЦСР) та підготовці Очікуваного Національно Визначеного Внеску (ОНВВ) України до Паризької угоди. Так, ЦСР13 направлена на «*пом'якшення наслідків зміни клімату*», в той час, як Паризька угода передбачає два шляхи впровадження – «*сприяння (1) опірності до зміни клімату та (2) низьковуглецевому розвитку*» та «*забезпечення узгодженості фінансових потоків із напрямом (1) низьковуглецевого та (2) опірності до зміни клімату розвитку*». Відповідно



питання **наслідків/впливів** змін клімату та їх **причин**, мають розглядатися, як мінімум, рівноправно.

Важливість принципу рівності полягає у положеннях Паризької угоди, яка говорить не просто про «*протидію змінам клімату*», а про «*зниження ризиків зміни клімату*», а ризик, як відомо з The Global Risks Report of the World Economic Forum, є добутком вірогідності несприятливої події та її впливу. Саме тому досягнення ЦСР13 та цілей ПУ можливе також двома шляхами – зменшуючи **кожен з двох** множників ризику зміни клімату і вибираючи, котрий з них найбільш **ефективно** зменшує ризик. Зважаючи на вищенаведене, такий вибір альтернатив радикально відрізняється від звичного українського безальтернативного способу визначення ефективності по “дотриманню нормативів”.

Як свідчить нещодавнє дослідження центру «Суспільство і Довкілля», українців теж більше цікавлять **наслідки** змін клімату (в Україні ними переважно є паводки та посухи), хоча Уряд більше цікавлять викиди, як **причини** змін клімату. Про безальтернативність українського підходу свідчить також повна відсутність в українському ОНВВ згадки про впливи змін клімату та про адаптацію чи підвищення опірності. В українській стратегії адаптації завдання ЦСР13.1 звучить, як «*обмеження викидів парникових газів в економіці*», тоді коли в глобальному завданні ЦСР13.1 йдеться про «*підвищення опірності і здатності адаптуватися до небезпечних кліматичних явищ і стихійних лих у всіх країнах*», що свідчить про повне нерозуміння Урядом суті та цілей Паризької угоди та ЦСР13.

Для приведення документів до спільного знаменника і закріплення на законодавчому рівні однакової термінології відповідно до ПУ, Україні варто було б законодавчо затвердити міжнародне визначення ефективності «*врядування*», як “*досягнення очікуваних цілей розвитку з найменшими витратами для суспільства*” [3].

Очевидно, що таке визначення ефективності підкреслює можливості альтернативних шляхів реагування на зміни клімату, зокрема, зменшення загрози від зміни клімату шляхом зменшення викидів, і адаптацію до наслідків ЗК шляхом збільшення адаптаційної здатності та опірності. При цьому адаптація стосується в основному водного сектору, а боротьба з викидами – енергетики, і вони доповнюють, а не виключають одне одного.

Цікавий приклад застосування такого підходу наведений в аргументації тих американських вчених, що підтримують вихід США з Паризької угоди. Суть аргументів наступна – аналіз співвідношення доходів та видатків американського ОНВВ до Паризької угоди свідчить про неефективність витрат у розмірі 1 трлн. доларів США, необхідних для

пом'якшення глобального потепління шляхом зменшення викидів на менше ніж 0.05°C [4]. В сьогоднішніх умовах значно ефективніше витратити третину цієї суми на адаптацію до головних наслідків змін клімату – збільшення інтенсивності та частоти посух та паводків, будуючи додаткові водосховища, дамби, протипаводкові споруди, десалізаційні заводи, берегозахисні споруди тощо. Як вони стверджують, саме адаптація, а не зменшення викидів, є економічно раціональним рішенням в існуючих дуже невизначених умовах.

Як бачимо, перехід до адаптації до змін клімату вимагає застосування кардинально інших, і одночасно набагато більш складних принципів екологічного врядування. Перш за все, необхідно в управлінні екологічною безпекою перейти на практиці від «захисту довкілля» до «управління екологічними ризиками», що в подальшому сприятиме завершенню в Україні міжнародного визначення ефективності екологічного врядування.

Проте шлях до такого розуміння ефективності екологічного врядування пролягає не просто через зміну законодавчих положень, але й через зміну парадигми розвитку і пануючого розуміння безпеки, як відсутності ризиків, і розуміння ризику, як лише вірогідності загрози. Дана стаття є закликком йти по цьому шляху разом з більшістю підписантів Паризької угоди.

## Література

1. ЗАКОН УКРАЇНИ Про охорону навколишнього природного середовища (<http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>)

2. Convergence with EU environmental legislation in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia: a Guide / European Commission - Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003. — 124pp.

3. Принципи ОЕСР щодо водного врядування (українською мовою) ([https://www.oecd.org/cfe/regional-policy/OECD%20Principles%20on%20Water%20Governance\\_Ukrainian.pdf](https://www.oecd.org/cfe/regional-policy/OECD%20Principles%20on%20Water%20Governance_Ukrainian.pdf))

4. Bjorn Lomborg, Impact of Current Climate Proposals, Global Policy, Volume 7, Issue 1, Pages: 109-118, February 2016. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1758-5899.12295>)

**СЕКЦІЯ 2**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО**  
**МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ У ВИРОБНИЦТВІ**

## COLOR CORRECTION METHOD IN STEREOSCOPIC VISION SYSTEMS AND ITS PRACTICAL REALIZATION

K. Dergachov, L. Krasnov, O. Cheliadin, O. Plakhotnyi  
*National Aerospace University – Kharkiv Aviation Institute,  
Kharkiv, Ukraine*

Currently, the most relevant direction in the development of computer vision is the improvement of stereo-visualization and stereo-matching algorithms in determining distances to objects, 3D-reconstruction of the scene, the formation of three-dimensional images in virtual reality systems. In connection with this growing demand for low-cost, but high-quality stereoscopic vision systems. Experimental studies conducted indicate that it is possible to build accurate stereoscopic vision systems based on the use of inexpensive uncalibrated web cameras [1]. At the same time, it is necessary to ensure their connection to the computer via USB ports and to setup the parameters. However, even minor discrepancies in the parameters of stereoscopic meters lead to a significant deterioration in the quality of their work, even to the disappearance of the stereo effect.

Discrepancies of the space-time characteristics and color rendition parameters lead to the distortion of the measurement space and reduce the accuracy of stereo systems [2, 3]. Therefore, to form high-quality images of stereoscopic camera systems, you must perform:

- software synchronization of cameras;
- calibration of cameras to determine their parameters (focal length, optical distortion, etc.) and stereo calibration in the general coordinate system;
- image rectification to determine correspondences between epipolar lines on a stereo pair in stereo-matching algorithms;
- stereo channels color correction.

The main difficulties in performing color correction are due to local and global color discrepancies between the cameras as part of a stereo pair [4]. A significant factor is also the presence of glare on objects when observing them from different angles. Such discrepancies are due to the differences in the photosensitive arrays and stereopair cameras light filters, and their unequal position relative to the sources of scene illumination.

The existing methods of images color correction, which have a number of undoubted advantages, are distinguished by a large amount of computation thus are rarely used for working in real time. Therefore, it is advisable to explore the possibilities of optimizing the structure of such algorithms to

create software that allows you to effectively carry out color correction of cameras in the stereoscopic vision system. .

Stereo pair cameras color correction should be carried out in two stages. At the first stage, white color balance is established and differences in the intensity of the color components of each camera are eliminated separately, and at the second, the joint adjustment of these parameters taking into account the results of the mutual cameras rectification.

To solve joint color correction of cameras in the stereoscopic vision system problem, we consider a system consisting of two cameras - a stereo pair. The authors proposed to use a method based on determining the vertical and horizontal parallax of target label on image when combining images of the left and right cameras  $\Delta x$  and  $\Delta y$ . The resulting image offsets  $\Delta y$  are also used for the rectification of stereopair images (image rectification) – bringing reference points to a single epipolar line.

Then two fragments of the same dimension are selected on the left and right images of the scene. Let's call them regions of interest (**ROI**). Based on previously obtained offsets  $\Delta x$  and  $\Delta y$  digital convergence (combination of pixel accuracy) of these fragments (**ROI\_left** and **ROI\_right**) is carried out. Next, the color characteristics of the right channel are corrected relative to the left one, which is selected as the reference.

The proposed method is illustrated by a generalized block diagram presented in Fig. 1.

The received signals from webcams are a sequence of images represented in the **RGB** color space. Due to the scene illumination high variability, color correction and white color balancing usually might be preliminary applied independently for each camera. Different algorithms for each camera color correction are determined by the software settings. They can be selected and installed online.

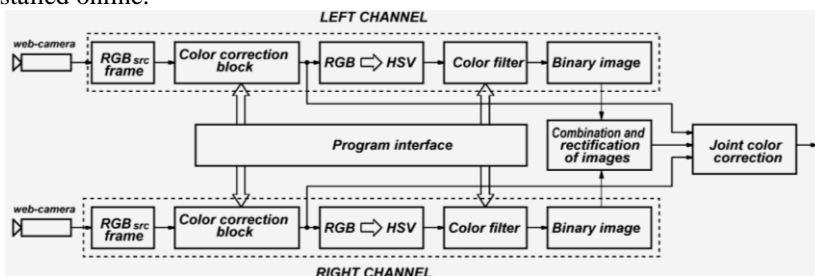


Fig.1 - Stereo cameras color correction algorithm block diagram

The main task for cameras stereo pair joint color balance is to estimate parallax of the colored target mark on image in the frames of the left camera relative to the right one. To search objects coordinates on images by color and brightness, as a rule, the *HSV* color space is used, where *H*, *S* and *V* are the parameters that determine hue, saturation and brightness respectively. Therefore, the most important procedure after the input and color correction of the stereo channels video data was to convert the *RGB* color space to the *HSV* space using the corresponding function of the *OpenCV* library.

Detection quality is significantly affected by the accuracy of the components choice corresponding to the observed object color under different lighting conditions of scene. Any point on the *H* scale defines a two-dimensional region with different values of *S* and *V*. In this connection, an algorithm has been developed that allows filtering process using a threshold function in the range of space parameters. To eliminate the background image noise, it is binarized using the corresponding function of the *OpenCV* library.

The next step of the algorithm determines the coordinates of the target label in current frames of the left and right cameras. When working with binary images, the most productive way of this solution is to calculate the moment invariants of such image, which allow to determine the coordinates with a high degree of accuracy.

After images binarizing and determining the coordinates of the target label in the left and right channels, these images are combined using direct overlay. Basing on images combination results values of horizontal and vertical parallax  $\Delta x$  and  $\Delta y$  are calculated. These values are used both for stereopair images rectification and digital convergence of the extracted ROIs.

In addition to the described algorithm, the work presents:

- set of different color correction algorithms for a separate camera as part of a stereoscopic vision system and their software implementation;
- algorithm for the joint color correction of stereoscopic camera systems and its software implementation;
- proposed an approach to assessing used algorithms effectiveness;
- description of the laboratory test bench;
- described software for experimental studies;
- experimental studies results.

Thus, the work proposes a new technique and color correction algorithms for webcams in stereoscopic vision systems. Experimentally proved the effectiveness of their use. Python software using the *OpenCV* library resources is described, which allows realizing the work of these algorithms. It is possible to adapt the operation of the algorithms to various changes in the lighting conditions of the scene. The use of these results makes it possible

to improve the quality of stereoscopic vision systems work when solving practical problems of stereo visualization and stereo comparison.

### Literature

1. Алгоритмы обнаружения объектов и оценки параметров их движения в системах технического зрения / К. Ю. Дергачёв, Л.А. Краснов, Е.В. Пявка // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи, 2017, № 4 (78), Харків, ХАІ.

2. Dergachov K., Kulik A., Zymovin A. Environments Diagnosis by Means of Computer Vision System of Autonomous Flying Robots // Automated Systems in the Aviation and Aerospace Industries. – 2019. – С. 115.

3. Использование web-камер в качестве источника потока стереопар С. И. Протасов, С. Д. Кургалин, А. А. Крыловецкий // Воронеж, Вестник ВГУ, Серия: системный анализ и информационные технологии, 2011, № 2.

4. Методы цветокоррекции стереовидео / В. Людвиченко // Video Group CS MSU Graphics & Media Lab (Video Group), [Электронный ресурс]. – Режим доступа [www.compression.ru/video](http://www.compression.ru/video).

5. Joseph Howse, Joe Minichino, Learning OpenCV 3 Computer Vision with Python - Second Edition, Packt Publishing, September 2015, Packt Publishing, ISBN: 9781785289774.

УДК 004.5

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ ТОЧНОСТІ ВІДБОРУ ВЕРСТАТНИКА МЕТОДОМ ЛІНІЙНОЇ ЗГОРТКИ ВІД ЗРОСТАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РОЗРЯДУ**

О.І. Лактіонов

*Полтавський політехнічний коледж національного технічного  
університету «Харківський політехнічний інститут»*

### 1. Вступ та постановка проблеми

Точність відбору фахівців математичними методами досліджували: М.С. Сушкова, Е.Ф. Шарахова [1], Е.С. Судакова [2], О.В. Трунова [3], Г.Р. Джигарадзе [4] й інші на основі оцінок експертів, самооцінок та об'єднаних на їх основі інтегрованих показників, але науковці не вивчали залежність точності відбору верстатника від зростання кваліфікаційного розряду.

### 2. Мета, завдання і гіпотеза дослідження

Мета дослідження: дослідити вплив формуючих методів атестації на точність відбору верстатників методом лінійної згортки.

Завдання дослідження:

1. Вивчити залежність зростання точності відбору верстатників методом лінійної згортки при підвищенні кваліфікаційного розряду верстатників формуючими методами державної атестації.

3. База дослідження

Відповідно до моделі Генеральної сукупності 419 систем ВВКП машинобудівних заводів м. Карлівки, м. Полтави та м. Харкова (Україна) сформована базова експериментальна вибірка з 51 верстатників, які подали заяву атестаційній комісії для отримання відповідних кваліфікаційних розрядів.

За результатами атестації сформовані подібні дві вибірки верстатників за критерієм: 1) які не пройшли атестацію; 2) які підвищили з 3-го на 4-й свій кваліфікаційний розряд. На базі даних двох вибірок верстатників проводилося дослідження впливу формувальних методів атестації на точність відбору верстатників. Для порівняльного аналізу точності відбору верстатників з двох підгруп методом лінійної згортки [5], на основі індексних оцінок та інтегрованих показників, використовується сумарна величина розкиду оцінок [6] та критерій Діксона [7].

4. Методи вираховування індексних оцінок для відбору верстатників методом лінійної згортки з використанням єдиного списку індикаторів.

Для збору самооцінок, оцінок експертів, нормованих оцінок галузевого стандарту вимог до підготовки верстатників використовувався єдиний список індикаторів, зміст яких: 1) узгоджений з вимогами державного стандарту до роботи верстатників; 2) диференційований на три особистісні компоненти: гностичний, мотиваційний та ціннісно-результативний; 3) сума коефіцієнтів питомої ваги індикаторів завжди дорівнює одиниці:  $\sum_{i=1}^n B_i = 1$ .

4.1. Числове значення Індексу якості сформованості професійної компетентності верстатника ( $I_{ПК}$ ) складається з трьох числових коефіцієнтів ( $K_G$  – гностичний,  $K_M$  – мотиваційний,  $K_P$  – ціннісно-результативний), кожний з яких вираховується методом об'єднання двох рядів емпіричних оцінок, самооцінки ( $O^e$ ) –  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_6$ ; оцінки експертів ( $O^e$ ) –  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_6$ .

Оцінки отримані за допомогою єдиного списку індикаторів, вираховуються за формулою (1), відомою як Індекс Лебедика [5]:

$$\kappa = 0,5 + \frac{90^e}{10 + 3\chi^2}, \quad (1)$$



де ( $O^e$ ) – сумарний показник експертних оцінок і-го номера відповідного індикатора, де  $O^e = \sum_{i=1}^n y_i B_i$ ,  $n$  – кількість індикаторів;  $B_i$  коефіцієнт питомої ваги і-го параметру (індикатора), а  $\sum_{i=1}^n B_i = 1$ ;

$\chi^2$  – узагальнений показник суми розбіжностей самооцінок верстатника ( $x$ ) та оцінок експертів ( $y$ ), вираховується за формулою:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - y_i)^2}{(x_i + y_i)} \cdot B_i.$$

Отримані числові коефіцієнти гностичного ( $K_G$ ), мотиваційного ( $K_M$ ) та ціннісно-результативного ( $K_P$ ) компонентів особистості об'єднуються у числовий Індекс якості сформованості професійної компетентності верстатника ( $I_{ПК}$ ) за формулою (2):

$$I_{ПК} = \sqrt[3]{K_G \cdot K_M \cdot K_P}. \quad (2)$$

де  $K_G, K_M, K_P$  – коефіцієнти гностичного, мотиваційного та ціннісно-результативного компонентів особистості фахівця.

4.2. Індекс якості підготовки верстатника ( $I_{ЯП}$ ) складається з трьох числових коефіцієнтів ( $K_G$  – гностичний,  $K_M$  – мотиваційний,  $K_P$  – ціннісно-результативний), які об'єднуються у числове значення індексу, аналогічно, за формулою (2). Кожний коефіцієнт окремо вираховується методом об'єднання двох рядів емпіричних оцінок, оцінки експертів ( $O^e$ ) –  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_6$ ; оцінки вимог галузевого стандарту ( $O^{em}$ ), –  $c_1, c_2, c_3, \dots, c_6$ , за формулою (1).

5. Вирахування методом аналізу ієрархій інтегрованого показника загальної оцінки якості взаємодії верстатника з елементами технічної та інформаційної підсистем системи ВВКП.

Інтегрований показник якості взаємодії елементів системи «Верстатник – Верстат з числовим програмним керуванням – Керуюча програма виготовлення деталі» (ВВКП) вираховується методом аналізу ієрархій, який об'єднує різні за змістом оцінки – кваліфікаційний розряд верстатника, тип продуктивності верстата з ЧПК на якому працює верстатник та рівень складності керуючої програми виготовлення деталі на верстаті з ЧПК ( $I_{ЯВ}$ ).

6. Результати дослідження.

Порівняльний аналіз точності відбору верстатників у двох експериментальних вибірках – які підвищили свій професійний розряд формувальними методами та які не пройшли атестацію, проводився з використанням величини сумарного показника розкиду оцінок, табл.1.

Таблиця 1

Значення сумарних показників розкиду для контролю за точністю відбору верстатників двох вибірок методом лінійної згортки на основі індексних оцінок та інтегрованих показників загальної оцінки

Критерії вирахування індексних оцінок та інтегрованих показників для відбору верстатників	Дві групи верстатників:	
	підвищили розряд	не пройшли атестацію
Критерій №1 – Індекс якості сформованості професійної компетентності верстатника ( <i>I<sub>ПК</sub></i> )	$\sum R_i = 0,078$	$\sum R_i = 0,081$
Критерій №2 – Індексу якості підготовки верстатника ( <i>I<sub>ПП</sub></i> )	$\sum R_i = 0,088$	$\sum R_i = 0,108$
Критерій №3 – Інтегрований показник якості взаємодії верстатника з елементами технічної та інформаційної підсистем відкритої системи ( <i>I<sub>В</sub></i> )	$\sum R_i = 0,128$	$\sum R_i = 0,159$

Установлено, що сумарна величина розкиду рангових оцінок верстатників, які підвищили кваліфікаційний розряд значимо менша у порівнянні з оцінками групи верстатників, які не пройшли атестацію. Це вказує на залежність точності відбору верстатника методом лінійної згортки від зростання кваліфікаційного розряду

Перевірка достовірності відбору верстатників для виготовлення деталей на верстаті з ЧПК, які підвищили свій професійний розряд та які не пройшли атестацію, здійснювалася критерієм Діксона (табл.2).

Таблиця 2 Порівняльний аналіз точності відбору верстатників на основі оцінок індексу якості підготовки за критерієм Діксона

1 – верстатники підвищили кваліфікаційний розряд свій			2 – верстатники не пройшли державну атестацію		
Рангове місце відбору верстатника у	Прізвище верстатника а ( <i>1-ша вибірка</i> )	Оцінки верстатника за критерієм Діксона	Рангове місце відбору верстатника у	Прізвище Верстатника ( <i>2-га вибірка</i> )	цінки верстатника за критерієм Діксона
1.	Лубенський А.	0,111	1.	Ляшко М.	0,001

2.	Гришко А.Д.	0,231	2.	Незвієць А.С.	0,034
...	...	...	...	...	...
15.	Мосто- венко С.	1,0	15.	Ковшун А.	1,0

Вираховані значення критерію Діксона табл. 2, показують похибку на рівні значимості  $\alpha=0,01$  при  $t_{кр}=0,616$ , що вказує на мінімальну оцінку похибки найбільш підготовлених верстатників до виготовлення деталей на верстаті з ЧПК. Це підтверджує перевагу відбору верстатників і правильність зайнятих ними перших-других рангових місць при вирішенні спірних питань із Замовником.

## 7. Висновки

1. На підвищення точності відбору верстатників математичним методом лінійної згортки впливає факт зростання їх кваліфікаційного розряду, що обумовлено формувальними методами атестації.

2. Для порівняльного аналізу точності ранжування верстатників, при їх відборі методом лінійної згортки на основі індексних оцінок та інтегрованих показників загальних оцінок у взаємозв'язку із зростанням їх кваліфікаційного розряду, достатньо вираховувати сумарний показник розкиду оцінок та додатковий критерій Діксона.

## Література

1. Сушкова, М.С. Методика комплексной оценки специалистов на этапе отбора [Электронный ресурс] / М.С. Сушкова, Е.Ф. Шарахова. – Режим доступа: [http://www.ngmu.ru/cozo/mos/article/text\\_full.php?id=1043](http://www.ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=1043). Дата обращения: 30.04.2019.

2. Судакова Е. С. Управление развитием трудового потенциала персонала финансовых организаций : дис. канд. эк. наук : 08.00.05 / Судакова Е. С. – Москва, 2014. – 220 с.

3. Трунова О. В. Застосування методу Сааті при прийнятті управлінських рішень [Електронний ресурс] / О. В. Трунова // Вісн. Чернігів. нац. пед. ун-ту. Серія: Педагогічні науки. – 2013. – Вип. 108.1. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP\\_2013\\_1\\_108\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_1_108_34).

4. Джинчарадзе Г.Р. Процедура оценки персонала в рамках системы управления человеческими ресурсами // Интернет-журнал «Науковедение», 2013. – № 3. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/24ergsu313.pdf>.

5. Акуленко К.Ю. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Теорія прийняття рішень» для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» денної форми навчання. Рівне: НУВГП, 2017. 51 с.

6. Смородинский С.С., Бтин Н.В. Системный анализ и исследование операций: лаб. практикум для студ. спец. «Автоматизированные системы обработки информации» дневн. и дистанц. форм обуч. Минск: БГУИР, 2009. 64 с.

7. Третьяк Л.Н. Обработка результатов наблюдений: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 171 с.

8. Лебедик М.П. Технологія атестації цілісного розвитку особистості на основі оцінок соціальної зрілості учасників педагогічного процесу: монографія. Полтава: РВВ ПУСКУ, 2003. 305 с.

УДК 629.33 + 629.062

## **SIMULATION OF WORKING PROCESS OF THE ELECTRONIC BRAKE SYSTEM OF THE HEAVY VEHICLE**

D. Leontiev<sup>1</sup>, V. Klimenko<sup>1</sup>, M. Mykhalevych<sup>1</sup>, Y. Don<sup>1</sup>, A. Frolov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine*

<sup>2</sup> *Kharkiv scientific research institute examinations, Ukraine*

There are many scientific publications devoted to research of the braking dynamics of multi-purpose vehicles equipped with pneumatic brake drive. These works show that the braking distance of vehicles of this class can be reduced to 20% due to reduction in the operating time of electro-pneumatic brake drives. At the same time, scientific and technical literature devoted to operation of automated braking control systems often focuses on the fact that such systems increase braking time of wheeled vehicles (WV). Therefore, there is an issue on selection of rational law of pressure change in electro-pneumatic devices of braking system used in heavy vehicles upon designing of automated braking systems.

Simulating study of electro-pneumatic drive system of heavy vehicles depends on mathematic model of its movement dynamics. Adopted mathematical model should implement various laws of pressure change in electro-pneumatic pressure modulators of brake drive of heavy vehicle.

Based on the approach to the dynamics of wheeled vehicle motion proposed in work [1] and the approach to the interaction of automobile wheels of wheeled vehicle based on creep theory [2, 3], for the different loading conditions of the vehicle, adopted a unique model for determining the deceleration of heavy vehicle.

Based on accepted mathematical model of motion dynamics of a heavy vehicle that considers the level of loading of a vehicle, it is easy to simulate the nature of the motion of such a vehicle, taking into account the slope of the road surface towards roadside, by determining of torsion angles of tires of heavy vehicle through the equation of motion dynamics of wheels. These angles depend on the nature of the pressure change in the brake cylinders of vehicle brake drive.

To solve the gas dynamics equations, we adopted the classical methods described in works [1, 4]. These methods represent pressure change during the working process of the brake drive as increase, holding and emptying phase of its throttling links, including cyclic mode.

Adopted mathematical model of the dynamics of pressure variation in electro-pneumatic brake drive can be easily executed by means of software complex MATLAB package SIMULINK. Output data for the simulation of the electro-pneumatic brake drive are taken in accordance with specifications of mobile laboratory [5] of A. B. Gredeskul Department of Vehicles where the individual pressure modulators were installed.

The results of the simulation of the pressure dynamics in one of the front and one of the rear of circuits of electro-pneumatic brake drive in ABS mode have showed that the decrease in the speed of wheeled vehicle results in decrease of intensity of emission of the working medium from the electro-pneumatic brake drive and frequency of its operation increases due to increase in the value of adhesion of tire with road surface that has direct effect on the deceleration of heavy vehicle (ja).

The analysis of the simulation of vehicle movement dynamics, considering processes that take place in brake drive suggest that the decrease of average pressure in circuits connected to the rear axles of heavy vehicle is conditioned by changes in the physical properties during adhesion of tires to road surface. The simulation of the vehicle movement dynamics also showed that the extension of the processes of filling the brake chambers during the operation of the electro-pneumatic brake drive reduces the load on the driver's vestibular apparatus and creates more comfortable conditions in case of emergency braking of the vehicle.

During the simulation study, it was also found that the braking performance of the wheeled vehicle depends on overlapping of operation phases of the automated brake control system located in the rear and front circuits of the vehicle braking system. During the simultaneous release of several circuits, the overall efficiency of vehicle's braking is reduced due to the simultaneous release of wheels brake.

The study of braking dynamics of vehicle in loaded condition showed that the decrease in the weight of the vehicle compared to maximum loading

results in the increase of overall braking performance up to 20%. It should be noted the value of the average pressure in the brake drive decreases with the increase of deceleration. This is due to the physical processes that occur in the area where tire adheres to road surface, which are described in the scientific and technical literature [1 - 4, 6 - 9].

Experimental studies of wheel braking process under the influence of the electro-pneumatic brake drive during extension of brake chamber filling showed that such approach leads to a significant reduction in the load on the brake mechanism due to the decrease in the frequency of alternating loads upon application of braking force between tire and road surface.

In this case, larger pressure is observed in the brake chamber in comparison with that observed during braking under similar conditions without extension of filling of pneumatic brake chambers of the electro-pneumatic brake drive of heavy vehicle, depending on the value of tire slip relative to road surface due to the implementation of the braking force.

## References

1. Turenko AN, Klimentov VI, Ryizhikh LA, Bogomolov VA, Leontiev DN, Krasuk AN, Myhalevich NG (2015) Realizatsiya intellektualnykh funktsiy v elektronno-pnevmaticheskom tormoznom upravlenii transportnykh sredstv [The implementation of intellectual functions in the electron-pneumatic braking control of vehicles]. Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv
2. Levin MA, Fufaev NA (1989) Teoriya kacheniya deformirovannogo koleasa [The theory of rolling deformed wheels]. Nauka, Moscow
3. Leontiev D, Ryizhikh L, Byikadorov A (2014) Opredelenie prodolnoy realizuемой silyi stsepleniya avtomobilnogo koleasa s opornoy poverhnostyu po krutilnoy deformatsii shyniy i ee zhestkosti [Determination of the longitudinal realizable force of adhesion of an automobile wheel with a bearing surface by torsional deformation of the tire and its rigidity]. *Avtomobilnaya promyshlennost* 10:20-25
4. Leontiev D (2011) Systemnyi pidkhid do stvorennia avtomatyzovanoho halmivnoho keruvannia transportnykh zasobiv katehorii M3 ta N3 [System approach to the creation of automated brake control of vehicles of categories M3 and N3]. Dissertation, Kharkiv National Automobile and Highway University
5. OAO «Minskiy avtomobilnyiy zavod» (2012) Avtorbus MAZ-256. Rukovodstvo po ekspluatatsii 256-000020 RE [The bus MAZ-256. Operating Instructions 256-000020 OI.]. Minskiy avtomobilnyiy zavod, Minsk

6. Mark Denny (2005) The dynamics of antilock brake systems. *European Journal of Physics* 26(6):1007 - 1016
7. Ersal T, Fathy H, Stein J (2009) Structural simplification of modular bond-graph models based on junction inactivity, *Simulation Modelling Practice and Theory* 17:175 –196
8. Oniz Y, Kayacan E, Kaynak O (2009) A Dynamic Method to Forecast the Wheel Slip for Antilock Braking System and its Experimental Evaluation. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics part B cybernetics* 39(2):551–560
9. Taixiong Zheng (2011) Research on road identification method in Anti-lock Braking System. *Procedia Engineering* 15:194 – 198

## **DEVELOPMENT OF THE INTELLIGENT INSTRUMENT SYSTEM FOR MONITORING THE PARAMETERS OF THE STRESS - STRAIN STATE OF COMPLEX STRUCTURES**

Lyudmyla Kuzmych, Dmytro Ornatskyi, Volodymyr Kvasnikov  
*National Aviation University, Kiev, Ukraine;*

The most common current instruments of measuring the parameters of the stress-strain state of complex structures are strain gauges. Typically, the strain gages are connected to the process of measuring by the bridge scheme, which eliminates systematic measurement errors and compensates for temperature deformations. Advantages and disadvantages of their application for this purpose are well known [1-5].

The method of data transmission from primary sensors to secondary devices using analog interfaces with wired telecommunication lines in remote measuring systems is currently very popular, despite the large number of advanced and more advanced wired and wireless digital interfaces. This is confirmed by the fact that researchers and chip manufacturers continue to offer new integrated solutions for analog transmission of information [1, 2, 3, 6, 8].

Such decisions are explained by several reasons. In systems of industrial automation there is a large number of developed and manufactured many years ago devices that use analog data transmission channels. These may be gauges, actuators, registration devices, etc. Replacement of this equipment is slow and requires very large investments. In addition, the transfer of any production entirely to digital networks means a one-time replacement of virtually all equipment and information cable networks. Such a large-scale reconstruction requires not only enormous costs, but also stopping the production process, which in many cases is unacceptable. Therefore, when creating or upgrading automatic control systems, it is necessary to use analog

data transmission channels to obtain information from sensors and transmit control to actuators.

The analysis of domestic and foreign publications carried out by us showed that for today optimization of analog interfaces is aimed at reducing not only instrumental errors but also eliminating methodological errors, in particular spectral errors and error recovery errors [4, 9, 10].

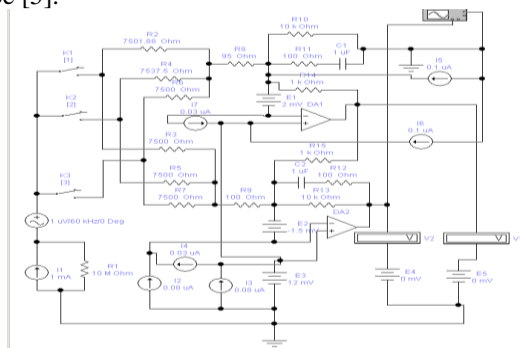
Resistive strain gauges transform deformation into a change in their resistance, which, in practice, is equal to the deformation of the object in the place of fixing the sensor. These sensors are passive and use a power source connected to the measuring circuit containing strain gauges to excite (initialize) them [5, 11, 12].

The task of modeling the analog interface for remote measurements with the help of multiplexer and resistive strain gauges is to increase the noise immunity and accuracy of analog-digital interface measurements for multichannel remote measurements.

We have proposed an analog interface scheme for remote measurements using multiplexer and resistive strain gauges [4].

In this case, unlike the classical method of model measures [3,13,14], this method is distinguished by the "indistinguishability" of the measuring line, which makes it possible to compensate for a greater number of influential factors, in particular, the correlated noise of operational amplifiers and noise caused by the presence of the overall ground loop, the resistance of the analog commutators.

To test this, the model presented in Fig. 1, which uses the parameters of real components, namely the 8-channel analog-to-digital multiplexer (type MAX 307 firm MAXIM) and operational amplifiers OA1 and OA2 common use mA741 type [5].



**Fig. 1.** Electric model of the measuring channel in the software El-ektronic Workbench.



Output resistance of the source of the initialization current was selected according to the parameters of the current source in the integral performed type REF200 of the firm Burr-Brown 10 M ohm in the worst case.

Using the software NUMERY, the regression equation of the measurement channel conversion function was determined, which allowed determining the systematic and random components of the measurement channel error without taking into account sensor errors.

Then the regression equation of the transformation function of the measuring channel of the first order will have the following form:

$$\left\{ \begin{array}{l} y = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 \\ a_0 = -6,95 \cdot 10^{-6} \\ a_1 = 1,000163 \\ a_2 = 0,00007 \\ \sum \delta_n^2 = 9,48 \cdot 10^{-8} \end{array} \right. , \quad (1)$$

where  $y$  – the output signal at the output of the measuring amplifier;  $a_0, a_1, a_2$  – coefficients of regression;  $x$  – the current value of the input measurement;  $\sum \delta_n^2$  – sum of squares is the non-relation between the current value of the original value and its mathematical expectation.

### References:

1. Ash J. Datchiki izmeritelnih sistem: v 2 knigah. Kn.1. – M.: Mir, 1992.- 480 p.
2. Kulikovskiy K.L., Kuper V.Y. Metody I sredstva izmereniy. – M. Energoatomizdat, 1986. – 448 p.
3. Digital's Kompensation sverfahren zur Verbesserung von Messfuhlern. Erb. K., Fisher P. "Bulletin SEV/VSE", 1989, 80, №7, 8, 365-368.
4. Ornatskyi D. Simulation of the analogue interface for remote measurements using multiplexer and resistive strain gauges / D. Ornatskyi, L.Kuzmych, V.Kvasnikov// Metrologiya ta prylady . – 2018. – No 6. – P.9-13
5. National Instruments, SCXI Universal Strain Grade Input: SCXI-1540. - Available at:[http://www.ni.com/pdf/products/us/4scxisc293\\_ETC\\_196.pdf](http://www.ni.com/pdf/products/us/4scxisc293_ETC_196.pdf).
6. SCXI-1126. User Manual. Eight-Channel Isolated Frequency Input Module for Signal Conditioning. National Instruments Corporation. 1998-2003.

7. Field Wiring and Noise Considerations for Analog Signals [Electronic resource] / Publish Date: Mar 11, 2014. -Available at: <http://www.ni.com/white-paper/3344/en/>
8. Klassen K.B. Osnovy izmereniy. Elektronnye metody i pribory v izmeritelnoy tehnikе. M.: Postmarket, 2000. – 352 p.
9. Uikzer J. Soedinyaemost: intellektualnye datchiki ili intellektualnye interfeisy // Datchiki i sistemy. – 2002.- №10. – P.50-55.
10. Rus, G. Optimized damage detection of steel plates from noisy impact test [Text] / G. Rus, S. Y. Lee, S. Y. Chang, S. C. Wooh // International Journal for Numerical Methods in Engineering. - 2006. - Vol. 68, Issue 7. - P. 707-727. doi: 10.1002/nme.1720.
11. Schroder, A. Evaluation of cost functions for FEA based transducer optimization [Text] / A. Schroder, J. Rautenberg, B. Henning // Physics Procedia. - 2010. - Vol. 3, Issue 1. - P. 10031009. doi: 10.1016/j.phpro.2010.01.129.
12. L. Kuzmych; O. Kobylanskyi; M. Duk. Current state of tools and methods of control of deformations and mechanical stresses of complex technical systems. Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 108085J (1 October 2018); doi: [10.1117/12.2501661](https://doi.org/10.1117/12.2501661).
13. L.Kuzmych, V.Kvasnikov. Study of the durability of reinforced concrete structures of engineering buildings. Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 543, 2017, Pages 659-663 International Conference on Systems, Control and Information Technologies, SCIT 2016; Warsaw; Poland; 20 May 2016 through 21 May 2016; Code 187699.
14. V.Babich, V.Dovbenko, L.Kuzmych, T.Dovbenko. Estimation of flexures of the reinforced concrete elements according to the National Ukrainian & European standards. MATEC Web of Conferences Volume 116, 10 July 2017, Article number 02005.

## MATHEMATIC SIMULATION OF GLUE JOINTS STRENGTH CHARACTERISTICS

S.G. Radchenko, S.M. Lapach

*The National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Different types of composite materials are applied in the world practice of aircraft engineering. They allow increasing endurance strength and durability, reducing cost and flight weight, enhance design reliability. The most interesting are layered constructions with glue joints dissimilar materials [1, 2]. Metals, glass reinforced plastics, fiber-glass plastic are used for the outer layers. It is essential to solve the problem of qualitative glue joint of glass reinforced plastics outer casing with metal carcass.

Performance parameters of composite materials greatly depend on technological and design factors. It is difficult to define analytically the level and quality of effect of each factor. The formulation of mathematical regression models of process allows finding the factor combination, which has optimal quality criteria [3]. Models reflect the process physics within the variation range of research factors.

The developed methodology of regression analysis takes into account the fundamental properties and process environments and systems. It also allows formulating models with the best possible properties [3].

The target of the current research is the usage of the regression analysis methodology for research and formulation of high precision statistical model of dissimilar materials interplay adhesion process characteristics.

We researched the process of fiberglass covering gluing to metal profile in order to find out the conditions for high quality glued joint. The following samples were created for the testing: circles with 60 mm diameter were cut from fiberglass cover; circle steel workpieces with 60 mm diameter were processed with metallic shot with particle diameter 0,3 mm or sandpapered to even roughness; surfaces of fiberglass samples were prepared for gluing according to the matrix of experiment; gluing of fiberglass samples with metallic circles was done with the help of glue VKV-3 at temperature 125°C during 3 hours.

The criteria for glued samples quality was the tearing joint strength  $\sigma$ , kgf/cm<sup>2</sup>.

The following process factors were researched in the experiment:

$X_1$  – clearance between glued surfaces,  $\delta$ , mm, levels: 0,6, 0,8, 1,0;

$X_2$  – glue layer thickness,  $t$ , mm/rev, levels: 0,6, 0,8, 1,0;

$X_3$  – glue foaming coefficient,  $k$ , levels: 1,6, 1,8, 2,0;

$X_4$  – fiberglass surface preparation option, P, levels: 0 (covering creation with the help of separating polypropylene film), 1 (polypropylene film plus sandpapered glued surface), 2 (drainage glass fabric, treated with release agent K-21);

$X_5$  –, testing temperature,  $T$ , °C, levels: 20, 50, 80;

$X_6$  – plan of experiment divided into blocks, B, levels: 0, 1, 2.

Experiments were done according to the multi-factor regular plan  $3^{6//27}$ . Three trials were executed at each point of experiment. The check showed that the dispersions of experiments are homogeneous:  $s^2_{\text{recip}}=57,32$ ;  $G^{\text{expr}}=0,1787 < G(\alpha=0,05; \nu_1 = 27, \nu_{12} = 2) = 0,2149$ .

The calculation of statistical model for tearing joint strength  $\hat{y}_1$  and all statistics model parameters were done with the help of PRIAM [5] software.

The resulting model is as follows:

$$\hat{y} = 75,5975 - 10,1796x_5 + 9,77963x_2z_3 + 7,91975z_5 + 7,19383z_3 + 8,53519x_2z_6 - 5,44815x_2 + 6,60278x_3x_5$$

where:

$$x_2 = 5(X_2 - 0,8); z_2 = 1,5(x_2^2 - 0,6666667);$$

$$x_3 = 5(X_3 - 1,8); z_3 = 1,5(x_3^2 - 0,6666667);$$

$$x_5 = 0,0333333(X_5 - 50); z_3 = 1,5(x_5^2 - 0,6666667);$$

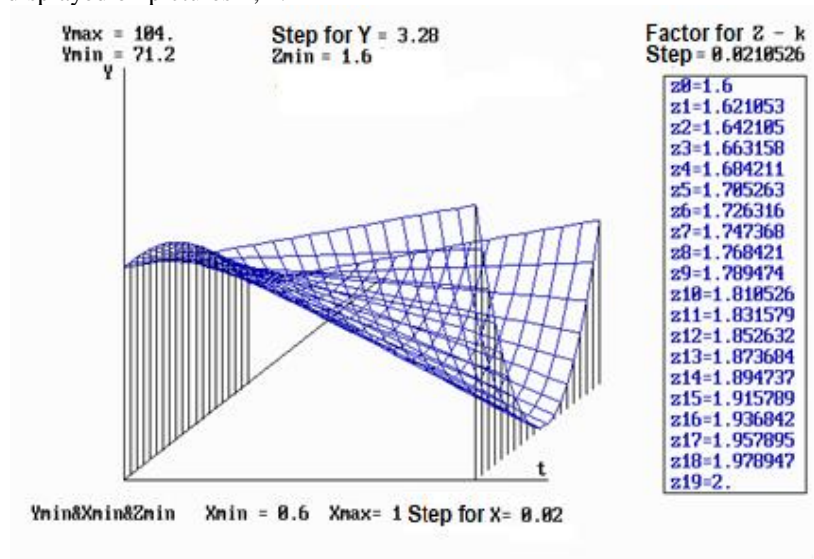
$$x_6 = X_6 - 1; z_3 = 1,5(x_6^2 - 0,6666667);$$

The developed model is relevant ( $s^2_{\text{rel}} = 81,74$ ;  $F^{\text{expr}} = 1,4259 < F(\alpha=0,05; \nu_1 = 7, \nu_2 = 19) = 1,7825$ ) and informative (multiple correlation coefficient  $R=0,8910$  and statistically significant  $F_R = 10,4592 > F(\alpha=0,05; \nu_1 = 7, \nu_2 = 73) = 2,1378$ ). Model is also persistent structurally (all included into model regressors are orthogonal to each other) and computationally (condition number  $\text{cond}=1$ ). Model interprets 79,4% testing results dispersion. Approximation mean error is 7,92%.

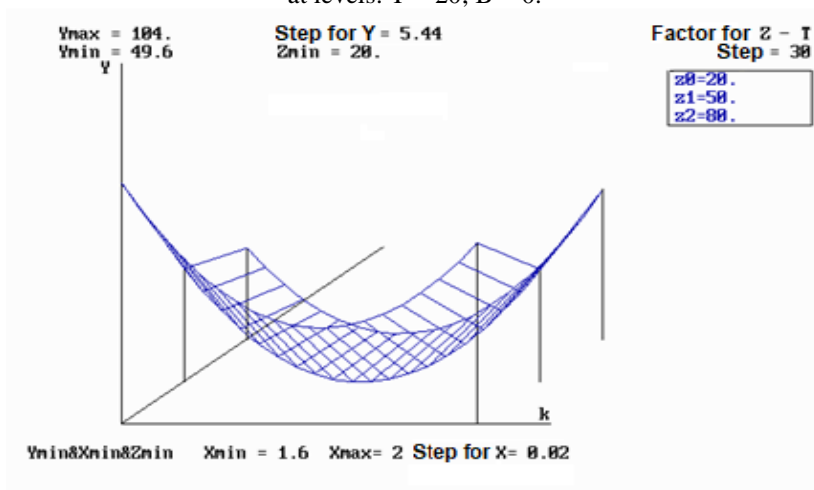
The glue joint strength of fiberglass covering with metal carcass is mostly influenced by the following factors:

$X_5$  – temperature of testing,  $T$ , °C (quadric correspondence) – explains 35,97% of total dispersion; interaction  $x_2z_3$  (double, tertiary) – 11,42% of dispersion; independent from this  $X_2$  – glue level thickness,  $t$ , mm/rev interprets 7,09%, and  $X_3$  – glue foaming coefficient,  $k$  – 9,27%.

The character of resistance dependency from separate pairs of factors is displayed on pictures 1, 2.



Picture.1. Response dependency from t and k. The other factors are fixed at levels: T = 20; B = 0.



Picture.2. Response dependency from T and k. The other factors are fixed at levels: t = 1; B = 2.

The developed model was used to define the optimal conditions for gluing (type of surface preparation – sample surface treatment, glue foaming coefficient –2, glue layer thickness –0,8).

Thus, the application of experimental-statistical methods allows developing relevant empirical models for gluing technologies design and develop optimal technologies based on them.

### **Literature**

1. Vaidya, U. Composites for Automotive, Trucks and Mass Materials, Design and Manufacturing / U. Vaidya. – Lancaster, Pennsylvania: DEStech Publications, 2010. –P433.
2. Kotova N.I., Sidorina A.I., Saleev B.K. Sposob sborki konsoli kryla samoleta [Installation method for aircraft outer wing panel]/patent RU2329183.
3. Draper N. R., Smith H. (1998). *Applied Regression Analysis Third Edition*, John Wiley & Sons, Inc, New York, USA
4. Lapach, S.N., Chubenko, A.V. and Babich, P.N. (2002). *Statistika v nauke i biznese* [Statistics in science and business], Morion, Kiev, Ukraine.
5. Lapach, S.M., Radchenko, S.G. and Babich, P.N. (1993). *Planirovanie, regressiya i analiz modelei PRIAM, Programmnye produkty Ukrainy: katalog* [Planning, regression and analysis of models PRIAM, Software products of Ukraine: catalog]. Kiev, pp. 24–27.

УДК (654+658):004.67

## **МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ АГРАРНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ**

Я.А. Савицька, В.В. Смолій, В.Г. Шелестовський  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України, м. Київ, Україна*

Для вирішення задач управління на аграрних підприємствах можливо використання автоматизованих систем кількох класів – MRP, ERP, CSRP, які є найбільш вживаними на сьогодні і мають у своїй основі системний підхід. Це дозволяє розглянути цілісний процес управління підприємством як сукупність пов'язаних функціональних задач – планування та поточний контроль у сфері фінансів та ресурсів різного типу – людських та виробничих. Різноманітність полягає у сукупності вирішуваних задач, їх комплексності та рівні охоплення у часових інтервалах.

Підвищення ефективності системи керування аграрним господарством призводить до економії поточних витрат, підвищення гнучкості виробництва та раціональному розподіленню ресурсів у часі та просторі.

Автоматизація процесів у птахівництві чи тваринництві не є вже рідкістю. Поступово системи комп'ютеризованого контролю і керування переходять і у сферу рослинництва. Однак недостаток оперативної, актуальної та достовірної інформації перешкоджає своєчасному винесенню керівних рішень.

Розглядаючи особливості аграрництва, можна дійти висновку, про необхідність впровадження новітніх технологій за кількома напрямками – підвищення ефективності системи аграрного менеджменту, новітні аграрні технологічні процеси, наприклад, точкове землеробство, втілення енергоефективних та зберігаючих технологій у супровідних до аграрних задач процесах.

Підвищення ефективності систем менеджменту можна досягти зменшенням часу в процесі обміну інформацією, шляхом дослідження і розробки двосторонньої комунікаційної системи фермерського господарства. У основі дослідження лежать роботи, які виконувалися як складові госпрозрахункової науково-дослідної роботи №15/17-2017 за темою «Розробка макету програмно-технічного комплексу з контролю поточного розташування та стану віддалених об'єктів для фермерського господарства», у рамках якої **об'єктом дослідження** є організація процесу оперативної інформаційної взаємодії між співробітниками фермерського господарства, а **предметом дослідження** методи та технічні і програмні засоби забезпечення оперативної інформаційної взаємодії між співробітниками ланок господарства різного рівня.

Важливим є той факт [1,2], що для досягнення високої ефективності використання таких систем автоматизованого управління потрібні значні ресурси та правильний організаційно-плановий підхід, інакше можна отримати зворотній результат. В Україні сьогодні використовують велику кількість подібних систем завдяки таким їх характеристикам як масштабування та модульність, що дозволяє створити, за необхідності, практично унікальну систему із індивідуальними властивостями. За даними із відкритих джерел [3], можна виділити кілька лідерів на цьому ринку.

Так, за цими даними лідером ринку є система OneBox [4] від однойменного Українського виробника, який надає широкий спектр інформаційних послуг, але розробка більш позиціонується як рішення у сфері управління зв'язками з клієнтами (CRM – Customer resource management), а розширення її версії до +ERP передбачено як додатко-

вий функціонал. Цікавим відносно цієї системи є два напрямки – втілення онлайн рішень з підтримкою IP – телефонії за допомогою компанії Київстар, та втілення на платформі компанії WebProduction спеціалізованого CRM WEB-додатку.

На 2-у місті розташувалася система від 1С, яка займає цю позицію, мабуть, більш з історичних причин та інерції на ринку, оскільки перехід на нові продукти потребує значного часу на втілення нової системи як з технічної точки зору, так і відповідно до підготовки персоналу.

Як альтернатива до 1С, розглядається IT-Enterprise [5] від Українського розробника «Інформаційні технології». Найбільш цікавим у цьому плані є «хмарна» реалізація системи з тонкими клієнтами, які встановлюють на комп'ютері клієнта. Цей продукт займає на ринку 4-е місце після MS Dynamics ERP [6].

Розподіл застосування систем управління підприємствами за галузями, наведений у тих же ресурсах вказує, що аграрний сектор займає малу частину цього ринку - було втілено тільки 55 проєктів, що складає приблизно 0,68% від їх загальної кількості, входячи у групу «Інші».

Основна тенденція при розробці таких систем, яку відмічають експерти – це перехід на «хмарні» технології, що дозволяє скоротити витрати з капіталовкладень на придбання та обслуговування обладнання та програмного забезпечення.

Інший напрям – інтеграція з технологіями смарт-пристроїв:

- організація збору даних з пристроїв IoT;
- взаємодія з мобільними пристроями;
- інтеграція терміналів збору даних;
- взаємодія з «розумним» обладнанням на виробництві, з метою підтримки технологічних процесів.

У розвитку систем управління виділяють такі напрямки як спрощення користувацьких інтерфейсів та включення у систему елементів штучного інтелекту.

Особливістю аграрного сектора є його територіальна розгалуженість та як слідство - безліч логістичних задач, які можуть бути вирішені за допомогою ГІС-компонентів. Структура сфер використання ГІС [7] поки що є досить статичною - системи моніторингу та локації з невеликою розподільчою здатністю або аналіз даних. Сфери, які є наближеними до проблемної області це транспорт та використання земельних ресурсів. Аграрний сектор споживає продукти лише 5% від усіх ГІС систем. Особливості організації аграрних технологічних процесів, які пов'язані із зміною розташування об'єктів та можуть бути вирішені на



основі ГС-технологій – це визначення поточних координат об'єктів (сівалка, комбайн, трактор), визначення маршрутів та параметрів руху цих об'єктів, контроль виконання технологічної задачі у точці призначення. Деякі з особливостей цих задач - «м'який» режим реального часу та відносно невеликі вимоги до точності визначення координат.

Територіальна розгалуженість відіграє значну роль у впливі на час виконання інформаційного обміну, оскільки є території, на яких зв'язку немає взагалі і потрібен час для переміщення у зону зв'язку, а людина, яка керує об'єктом у полі не може точно визначити своє місце розташування. Це вимагає наявності географічних даних, а у системі управління підприємством – геоінформаційної системи.

Організація процесу управління підприємством вимагає не тільки наявності процесу донесення інформації, але й виконання відповідних дій. Кожен з етапів у обміні інформацією повинен реєструватися системою управління, для чого на підприємствах створено відділи документообігу. Розроблювана система реалізує частину організаційних та інформаційних функцій, які покладено на організаційну систему документообігу - отримання інформації від її джерела, реєстрація параметрів, які характеризують інформаційне повідомлення та стан джерела, доставка інформації до отримувача, реєстрація параметрів, які характеризують стан отримувача, реєстрація параметрів обміну інформацією.

Для реалізації системи пропонується будувати її на основі клієнт-серверних технологій з WEB-сервером з метою уніфікації доступу та інтерфейсів з віддаленим доступом на основі динамічної генерації контенту. Це не потребує додаткових витрат на спеціалізовані засоби та може використовувати захищені канали зв'язку на основі протоколу SSL. Обмін даними за протоколом http будується, як звично на механізмі обміну повідомленнями типу «запит»-«відповідь». Для передачі даних від клієнтської частини використовують механізми GET або POST запитів, які надсилають данні у формі «параметр=значення», які формуються на основі форм, в яких імена тегів для введення інформації визначають імена параметрів, а введенні данні визначають значення. Такі механізми не потребують складної обробки даних, як от json чи інші, але виконують усі потрібні функції з обміну даними. Реєстрація повідомлень виконується серверною частиною, яка збирає повідомлення для клієнтів у проміжки часу між сеансами зв'язку, виконує процес ідентифікації користувача при підключенні до системи, передає йому накопичені повідомлення та приймає повідомлення від нього.

## Література

1. ERP-системы в России [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: [http://www.erp-online.ru/phparticles/show\\_news\\_one.php?n\\_id=211](http://www.erp-online.ru/phparticles/show_news_one.php?n_id=211)
2. ERP система и для чего она нужна? [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: [http://www.sitis.com.ua/about/articles/chto\\_takoe\\_erp\\_sistema\\_i\\_dlya\\_chego\\_ona\\_nuzhna/](http://www.sitis.com.ua/about/articles/chto_takoe_erp_sistema_i_dlya_chego_ona_nuzhna/)
3. Топ 10 ERP систем для Украины [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.livebusiness.com.ua/tools/erp/>
4. Новости и обзоры OneBox [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.livebusiness.com.ua/tool/3/>
5. ERP-система IT-Enterprise [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.it.ua/products.php?cat=61>
6. Программное обеспечение Finance and Operations [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.microsoft.com/ru-ru/dynamics/erp.aspx>
7. Смолій В.В. ГІС як база управління системами аграрного підприємства / В.В. Смолій // V Міжнародна науково-практична конференція «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні 2017» / НУБіП України, 22-23 червня 2017 р. С. 30-31.

УДК 519.6 + 681.3

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ДВУХ ПАР НАНОЧАСТИЦ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ МЕТОДОМ ВЕКТОРНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

К.С. Курочка, К.А. Панарин, Д.Н. Трубенюк

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

### Введение

Наноккомпозиты с частицами восстановленных металлов находят широкое применение в качестве оптоэлектронных элементов, оптических сенсоров, приборов для регистрации оптических сигналов, оптических наноантенн и пр. [1]. Данные материалы представляют собой сложные структуры, содержащие огромное число диэлектрических и металлических наночастиц [2]. При создании новых материалов значительную часть времени при этом занимает производство и исследование

прототипов. Использование компьютерного математического моделирования на основе метода декомпозиции в перспективе позволит перейти к созданию новых материалов с заданными свойствами в виртуальном пространстве, до проведения натуральных экспериментов, что дает возможность уменьшить себестоимость и значительно сократить длительность всего процесса разработки.

Основным объектом исследования является электромагнитное поле, на которое оказывает влияние весь ансамбль частиц, поэтому математические модели должны учитывать взаимовлияние частиц, а не рассматривать распределение электромагнитного поля каждой частицы отдельно [3].

#### Постановка задачи

Объектом проводимых исследований являлось золь-гель стекло, содержащее наночастицы восстановленных металлов [2]. На материал падает плоская монохроматическая волна. Использовался метод декомпозиции [4] для определения распределения электромагнитного поля, возникающего в ближней зоне двух пар наночастиц. Начало координат располагается на равном удалении от центра каждой из частиц. В расчетной области можно выделить принципиально отличающиеся элементы: частицы, «ближнюю» и «дальнюю» зоны для частиц, полностью поглощающий слой (рис. 1). В роли граничных условий используются условия поглощения ( $ABC$  – absorbing boundary condition), реализованные в виде условия излучения Зоммерфельда.

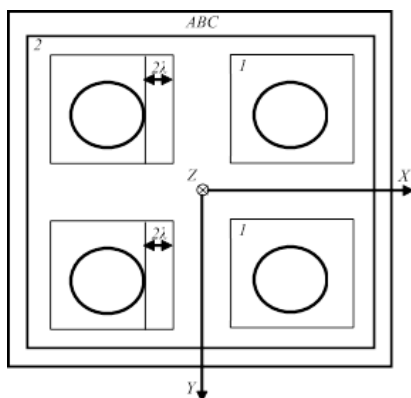


Рисунок 1 – Схема расчетной области (сечение расчетной 3D-области в координатной плоскости  $XY$ )

«Ближняя» зона частицы (область 1, рис. 1) представляет собой параллелепипед, описывающий сферу радиуса  $R + 2\lambda$ , где  $R$  – радиус наночастицы,  $\lambda$  – длина падающей волны. Размеры «дальней» зоны определяются исходя из реализации граничных условий поглощения и представляют собой также параллелепипед с длиной ребра  $7R$ .

Исследуемая область может быть как двух-, так и трехмерной. Для определения напряженности электрического поля  $\mathbf{E}$  необходимо решить уравнения Максвелла с учетом граничных условий.

Рассматривались наночастицы радиусом 40 нм, находящиеся в воздухе ( $\epsilon = 1$ ), их центры совпадают с центром декартовой системы координат. В качестве металлической наночастицы рассматривалась серебряная (Ag) со значением диэлектрической проницаемости материала  $\epsilon_{NP} = -3,5191 + 0,5798i$ . Для диэлектрической наночастицы выбрано значение  $\epsilon_{NP} = 3,5191 + 0,5798i$ . Для расчета параметров частиц использовалась модель Друде – Лоренца.

Для верификации и калибровки модели использовалось решение Ми для электрического поля в ближней зоне сферической частицы и решение, полученное с помощью узловых конечных элементов [5]. Расхождение численного решения согласно предложенной математической модели и решения Ми не превышало 10%.

Исследование взаимовлияния пары наночастиц на интенсивность электромагнитного поля

Рассматривалась задача определения взаимовлияния четырех серебряных наночастиц в золь-гель стекле на электромагнитное поле в ближней зоне. Возбуждение осуществлялось плоской линейно поляризованной вдоль оси  $X$  волной длиной 405 нм. Расчётная область выбрана в форме параллелепипеда размерами  $2500 \times 1250 \times 1250$  нм.

Дискретизация проводилась конечными элементами различных размеров в зависимости от зоны (рис.1). После учёта граничных условий размерность матрицы системы в проводимом исследовании не превышала одного миллиона неизвестных. Для решения использовался метод сопряжённых градиентов с предобуславливанием Холецкого [6].

Результаты моделирования при расстоянии между частицами равном половине радиуса частицы представлены на рисунке 2.

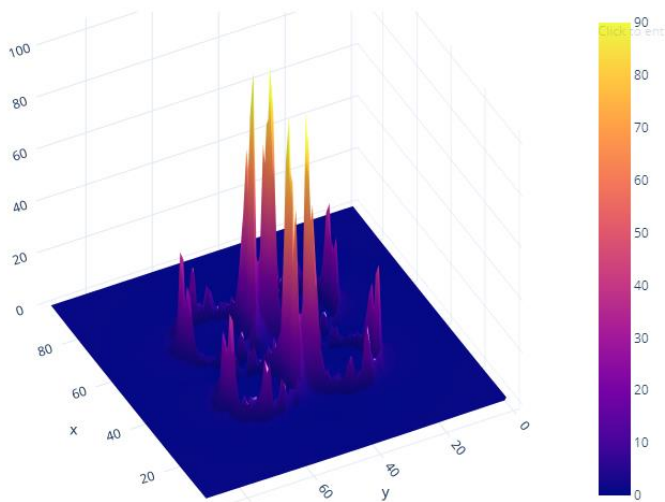


Рисунок 2 – Распределение интенсивности электромагнитного поля в ближней зоне двух пар наночастиц при расстоянии между частицами равном половине радиуса частицы

#### Заключение

В результате исследования были получены следующие основные научные результаты:

- предложен алгоритм построения конечно-элементных соотношений, позволяющий вычислять распределение электромагнитного поля в ближней зоне наночастиц, обеспечивая непрерывность его тангенциальной компоненты при переходе между границами конечных элементов. Это позволяет вычислять распределение полей в ближней зоне наночастиц, где интенсивность  $E^*$  принимает значительные значения, приводящие к переполнению вещественных типов данных при использовании других методов. Кроме того, становится возможным использовать нерегулярный шаг сетки, увеличивая размер конечных элементов в «дальней» зоне, что приводит к снижению размерности задачи и уменьшению времени нахождения решения;

- при исследовании взаимовлияния расположения пары наночастиц на интенсивность электромагнитного поля расстояние между частицами варьировалось от 0,5 радиуса частицы (20 нм) до 10. Численные результаты показали, что при расстоянии между частицами свыше 4 радиусов взаимовлияние на электромагнитное поле

практически отсутствует, а значение интенсивности сопоставимо с интенсивностью электромагнитного поля одной частицы.

### **Литература**

1. Krasnok, A. E. Optical nanoantennas // A. E. Krasnok, I. S. Maksymov, A. I. Denisyuk, P. A. Belov, A. E. Miroschnichenko, C. R. Simovskii, Yu S. Kivshar // *Phys. Usp.* – 2013. – Vol. 56(6). – P. 539–564. – DOI: 10.3367/UFNe.0183.201306a.0561

2. Алексеенко, А.А. Функциональные материалы на основе диоксида кремния, получаемые золь-гель-методом // А.А. Алексеенко, А.А. Бойко, Е.Н. Подденежный. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008. – 183 с.

3. Климов, В.В. Наноплазмоника // В.В. Климов. – М.: Физматлит, 2009. – 480 с.

4. Курочка К.С. Численное моделирование влияния пары наночастиц на электромагнитное поле в ближней зоне методом векторных конечных элементов // К.С. Курочка. - Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 4. – С. 542-549. – DOI: 10.18287/2412-6179-2018-42-4-542-549.

5. Курочка, К.С. Конечно-элементное моделирование распределения электромагнитного поля в ближней зоне сферической наночастицы // К.С. Курочка. – Информатика, 2016г., №4(52), с.33-41

Hackbusch, W. Iterative Solution of Large Sparse Systems of Equations. Second Edition // W. Hackbusch. – Springer, 2016. – P. 509 – DOI 10.1007/978-3-319-28483-5

UDC 001.891.57+004.94

### **MODELING OF THE ELECTROSTATIC SEPARATION OF MIXTURES particles OF POLYMERIC MATERIALS**

V.A. Mashchenko<sup>1</sup>, V.V. Drevetskiy<sup>2</sup>, I.V. Dilay<sup>3</sup>

*1Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality, Ukraine*

*2National University of Water and Environmental Engineering, Ukraine*

*3Lviv Polytechnic National University, Ukraine*

The problem of determining the optimal parameters of the operating mode of the separator is an actual technological problem in the electrostatic separation of a mixture of polymer materials to obtain the necessary separation parameters.

The purpose of the work is to simulate the process of electric separation of a mixture of polymer materials in a power field of an electrostatic separator using an imitation computer experiment.

The developed algorithm for simulation of electrostatic separation provides the determination of optimal parameters of the mode of operation of an electrostatic separator, such as the voltage between the precipitating and deflecting electrodes ( $U$ ), the rotation frequency of the precipitating electrode ( $n_0$ ) and the position of the separation product dividers.

The process of separating the mixture of polymer particles in an electric separator is as follows. A two- or three-component mixture of polymer particles is fed into a tribo-charging device. As a result of friction between different types of polymer particles in tribo-charging device, we obtain a mixture of positively and negatively charged polymer particles, which is directed to the precipitating electrode of an electrostatic separator. Between precipitating and deflecting electrodes, high voltage is applied, creating an electrostatic field intensity  $\vec{E}$  in the inter-electrode. Under the influence of the force field of the working space of an electrostatic separator in the inter-electrode space, the separation of positively and negatively charged particles of a mixture occurs. The position of the dividers determines the penetration of the polymer particles of the mixture into the corresponding separation product receivers (Fig. 1) [1].

The algorithm for modeling the process of electrostatic separation consists of the following steps:

- calculation of the electrostatic field of the electrode system by electrostatic separator;
- solution of the equation of motion for a single particle on the surface of the precipitating electrode and the determination of the separation point from the precipitating electrode;
- solution of the equation of motion for a single particle in the inter-electrode space of an electrostatic separator and calculation of its trajectories of motion;
- determination of the particle coordinate for the direct position of the separation product divisions.

The movement of the charged polymeric particle of the mixture along the surface of the precipitating electrode is as follows: in the first stage, we have a common rotating motion of the particle and a precipitating electrode with an angular velocity  $\omega_0$  ( $\omega_0 = 2\pi n_0$ ), in the second stage, the motion of the particle with the slip on the surface of the precipitating electrode to the point of separation.

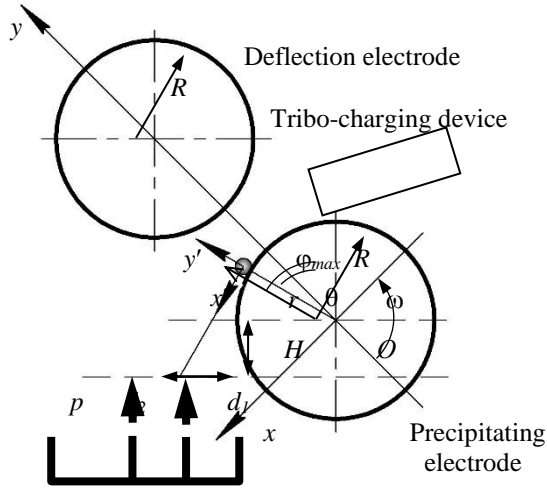


Fig. 1. Schematic electrostatic separator.

The dynamics of the charged particle motion along the surface of the precipitating electrode is described by the following equation:

$$m\omega^2 \vec{r} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{friction} + q\vec{E} + \vec{F}_{images}, \quad (1)$$

where  $m$  – mass of the particle;  $q$  – electric charge;  $\vec{r}$  – the radius-vector of the particle in the system of coordinates  $Ox'y'$  connected with the center of mass of the particle  $r = R + r_0$ ,  $R$  is the radius of the precipitating electrode,  $r_0$  is the effective particle radius;  $\vec{N}$  – force reaction of the support;  $\vec{F}_{friction}$  – friction force  $F_{friction} = \mu N$ ;  $\vec{F}_{image}$  – electric image force;  $g$  – acceleration of gravity.

The nature of the motion of a charged polymer particle of a mixture is determined by the ratio between the force of friction and the projections of the force of the earth's gravity and the electric Coulomb force in the coordinate system  $Ox'y'$  [2].

The angle  $\varphi_{cr.}$ , at which there is a change in the nature of the motion of the particle on the surface of the precipitating electrode, is determined from the following equation:

$$\mu \cos \varphi_{cr.} - \sin \varphi_{cr.} = \frac{\mu}{g} \left( \omega_0^2 r - \frac{qE_{y'} \pm F_{image}}{m} \right) + \frac{qE_{x'}}{mg}, \quad (2)$$



where  $E_x, E_y$  are the projections of the components of the electrostatic field intensity in the coordinate system  $Ox'y'$ , the sign at the mirror's  $F_{image}$  strength is determined by the sign of the charge of the particle “-“ for  $q < 0$ ; “+” for  $q > 0$ .

The separation of the particle from the surface of the precipitating electrode is possible provided that the zero forces of the reaction of the support ( $\vec{N} = 0$ ) are equal. The angle of separation  $\varphi_{max}$  and the angular velocity  $\omega$  at the moment of separation, which is necessary to determine the initial conditions for describing the motion of a charged polymer particle of a mixture in the inter-electrode space of the separator, is determined from the system of the following equations:

$$\begin{cases} \omega = \sqrt{\omega_0^2 + 2\varepsilon(\varphi_{max} - \varphi_{cr.})}, \\ \cos \varphi_{max} = \frac{\omega^2 r}{g} - \frac{qE_{y'} \pm F_{image}}{mg}, \end{cases} \quad (3)$$

where  $\varepsilon$  is the angular acceleration of the polymeric particle.

The motion of the charged polymer particle of a mixture in the inter-electrode space after separation from the surface of the precipitating electrode is described by the following system of differential equations:

$$\begin{cases} Ox: & m\ddot{x} = -mg \cos \theta - qE_x - \dot{x}^2 \rho c S_{eff}, \\ Oy: & m\ddot{y} = mg \sin \theta - qE_y - \dot{y}^2 \rho c S_{eff}, \end{cases} \quad (4)$$

where,  $\dot{x}, \dot{y}$  – the first derivatives of time;  $\ddot{x}, \ddot{y}$  – second derivatives of time,  $\theta$  – the angle of inclination of the direct  $Ox$  from the vertical position;  $E_x, E_y$  are the projections of the components of the electrostatic field intensity in the coordinate system  $Oxy$ ;  $\rho$  – air density,  $c$  – coefficient of aerodynamic resistance,  $S_{eff}$  – effective particle area.

The numerical solution of the system (4) determines the trajectory of motion of each charged polymer particle of the mixture in the inter-electrode space of the electro separator. The intersection of the trajectory of motion of each polymeric particle of a mixture with a line  $p$  passing through the upper points of separation products in the inter-electrode space of the separator allows us to determine the distance from the precipitating electrode ( $L_i$ ).

The algorithm for modeling the separation process and determining the optimal parameters of an electric separator is implemented in a computer program in MATLAB environment. The input data for the simulation model are the parameters of the representative sample particles of the mixture (type of polymer  $m, q, \mu, r_0$ ), geometric parameters of the electrostatic separator ( $R, \theta, H$ ), ranges of technical parameters change  $U, n_0$ , and given

technological separation parameters: purity polymer concentrates and recovery.

The result of simulation in the program is the distribution of the polymer particles of the mixture on the straight line  $p$  (Fig. 2).



Fig. 2. The result of simulation in the program.

The simulation of experimental separations is carried out for all possible values of  $U$ ,  $n_0$  from a certain range. For each simulation separation, the position of product dividers ( $d_1$ ,  $d_2$ ) and technological separation parameters ( $Pur$ ,  $Rec$ ) are determined.

The given technological parameters of electrical separation of the representative sample are compared with the set of technological indices of imitation separations and determine the optimal technical parameters of the separator (one or more variants).

Using the proposed algorithm for mathematical modeling of the process of electric separation of a mixture of polymer particles in a power field of an electric separator for computer simulation experimental separations, it is possible to determine the optimal parameters of an electric separator at given technological parameters of electrical separation.

## Literature

1. Scheirs J. Polymer recycling: science, technology and applications. John Wiley & Sons, Inc., 2001. – 591 p.
2. Numerical modeling of conductive particle trajectories in roll-type corona-electrostatic separators / M. Younes, A. Tilmatine, K. Medles, M. Rahli and L. Dascalescu // IEEE Trans. Ind. Appl. – 2007. – Vol. 43. – NO. 5. – Sep./Oct. – P. 1130–1136.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗНИЖКИ НА ЕКОНОМІЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ТОВАРУ

А.О.Вихляєва та В.Д.Попенко

*Національний технічний університет “КПІ ім.Ігоря Сікорського”,  
Україна*

З огляду на обороти роздрібною торгівлі та охоплення цими процесами практично усіх громадян, дослідження процесів реалізації товарів постійно є актуальним. Зокрема, інтерес становить явище застосування різних систем знижок для стимулювання роздрібних продажів. З одної сторони, знижка стимулює попит на певний товар, а з іншої сторони, вона ж зменшує виручку від реалізації товару.

Існує безліч моделей знижок. Існування і розмір знижки можуть залежати від часу доби, статусу покупця (як-от пенсіонер), лояльності покупця (тобто повторюваності закупівель у певній торговій мережі). Дослідники аналізують вплив знижки на лояльність покупця, яку розуміють як імовірність повторної закупівлі того ж товару. Лояльність покупця позитивно впливає на виручку, а знижка – негативно.

Подібна модель знижки розглянута в [1]. На жаль, кінцева формула критерію ефективності виражає імовірність повторної закупівлі товару споживачем. В торгівлі ж інтерес становить максимізація прибутку від торгівлі тваром, тобто максимізація виручки, або, що те саме, суми отриманої торгової націнки від реалізації товарів. Що більша ціна реалізації, тим більша націнка на одиницю товару, але тим менше споживання товару. З іншої сторони, чим менша ціна, тим менша націнка, але споживання товару буде більшим. Імовірно, десь посередині існує націнка, яка задовольняє і продавця, і покупця, оптимальна для процесу торгівлі в цілому.

Нехай:

$s$  - собівартість одиниці товару, для роздрібною торгівлі це оптова ціна, тобто ціна закупівлі;

$p$  - ціна продажу, тобто роздрібна ціна;

$\delta$  - доля торгової націнки від собівартості:  $\delta = \frac{p-s}{s}$ ; будемо називати цю величину *рівень націнки*.

$r$  - рівень споживання товару, який залежить від встановленої ціни продажу і, відповідно,  $\delta$ ;

$v$  - сума торгової націнки за товар.

Центральна гіпотеза в цій роботі полягає в формі залежності рівня споживання товару  $r$  від  $\delta$ . Нехай вона має експоненційне спадання при збільшенні ціни товару:

$$r = k e^{-\alpha\delta}, \quad (1)$$

де  $k$  і  $\alpha$  - невідомі поки що коефіцієнти.

Загальний вигляд цієї функції надано на рисунку 1.

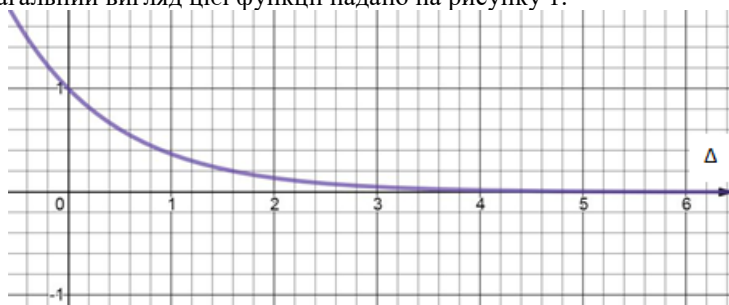


Рисунок 1 – Характер функції рівня споживання товару від рівня націнки.

Тоді сума торгової націнки, яка має бути максимізована, матиме вигляд:

$$v = s\delta k e^{-\alpha\delta}. \quad (2)$$

Загальний вигляд цієї функції надано на рисунку 2.



Рисунок 2 – Загальний вигляд функції суми торгової націнки від рівня націнки.

Нехай  $\delta^*$  – значення аргументу функції (2) – рівня націнки, при якому вона досягає максимуму. Знайдемо аналітичний вираз для першої похідної  $v$  по  $\delta$ :

$$v'(\delta) = s(e^{-\alpha\delta} + \delta(-\alpha)e^{-\alpha\delta}) = \alpha e^{-\alpha\delta}(1 - \alpha\delta),$$

$$\delta^* = \frac{1}{\alpha}. \quad (3)$$

В межах моделі (1) – (2) по статистичних даних продажу товару у два різні моменти часу можливо визначити  $\alpha$  і  $\delta^*$ . Нехай

$r_1, r_2$  - дані статистики щодо споживання товару у перший і другий моменти часу;

$\delta_1, \delta_2$  - рівні націнки у ці моменти часу. Тоді з системи рівнянь

$$r_1 = k e^{-\alpha \delta_1}$$

$$r_2 = k e^{-\alpha \delta_2}$$

випливає

$$\alpha = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{\delta_1 - \delta_2}, \delta = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\ln \frac{r_2}{r_1}}. \quad (4)$$

Визначимо рівень націнки і оптимальну ціну реалізації для бананів (собівартість 16грн/кг), виходячи з заданих рівнів споживання в [1] при:

- відсутності знижки (максимальній націнці і ціні у 32грн/кг), при цьому  $r_1 = 0.4, \delta_1 = 1$ ;
- знижці до собівартості, при цьому  $r_2 = 0.9, \delta_2 = 0$ .

$$\delta^* = \frac{1-0}{\ln \frac{0.9}{0.4}} = 1.233.$$

Оптимальна ціна продажу виявляється дещо вище ринкової і становить

$$p^* = s(1 + \delta^*) = 35.73 \text{ грн/кг}.$$

Для визначення коефіцієнту  $\alpha$  була досліджена існуюча статистика стосовно продажу і цін на ринках бананів, помідорів, яблук, борошна. Достатньо повна статистика для визначення  $\alpha$

була знайдена лише для ринку бананів ([2]). Цей ринок стрімко росте і по обсягах споживання, і по цінах, хоча в результаті зростання цін він мав би скорочуватись. Вочевидь, на ринок бананів впливають більш потужні фактори, ніж розглянуті в даній публікації. Тому є потреба в подальших дослідженнях на основі якісної статистики, яка міститиме оптові і роздрібні ціни по роках і сезонах, та обсяги споживання ринком даного продукту по тих же періодах.

### **Література**

1. А.С. Морозова. Исследование математических моделей стимулирования сбыта продукции / / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. – ГОУ ВПО «Кемеровского государственного университета», г.Анжеро-Судженск, 2007.

2. Ціни на банани в Україні продовжують встановлювати нові історичні рекорди. AGRONEWS // [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://agronews.ua/node/88665>

УДК 629.1.02

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ РІДИНИ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЦИСТЕРНАХ**

А.П. Кожушко, О.Л. Григор'єв  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

В аграрному секторі передбачається виконання як тягових (технологічних) так і транспортних робіт. Транспортна робота, зазвичай, виконується вантажними автомобілями або колісними тракторами разом з причіпними та напівпричіпними агрегатами.

Сьогодні актуальною проблемою в сільському господарстві є вирішення забезпечення стійкого руху транспортних засобів з перемінною масою (перевезення рідких вантажів). Особливої уваги слід надати транспортуванню тракторних причіпних та напівпричіпних цистерн, тому що на відмінно від автомобільних цистерн, тракторні не оснащені перегородками (оскільки перевезення трактором відбувається відносно на малих швидкостях порівняно з автомобілем), які повинні гасити коливання рідини. Оскільки сучасні виробники тракторної техніки намагаються постійно підвищувати енергонасиченість колісних тракторів та

збільшувати масу вантажу, тоді перерозподіл мас в цистерні може спричинити зсув центру мас, що призводить до погіршення техніко-економічних та експлуатаційних показників машинно-тракторного агрегату.

Конструктивні особливості причіпних та напівпричіпних цистерн детально окреслені в роботі [1], проте в напівпричіпних цистернах (опціонально) може встановлюватись змішувач, який представляє з себе ротор. Робота ротора передбачає додатковий збуджуючий ефект на коливання рідини в цистерні. Таким чином, дослідження динаміки та енергетичності колісних тракторів при транспортуванні цистерн – доцільне.

Перш ніж створювати нелінійну математичну модель з урахуванням більшості факторів, які впливають на динамічну та енергетичну складову руху, необхідно розробити лінійну (лінеаризовану) модель, яка буде враховувати усі відомі зв'язки між елементами та формуватися при використанні матричного аналізу. Така модель дозволить, ще на початку конструювання забезпечити первинний підбір транспортного забору з цистерною.

Колівання рідини в цистерні (замкнутій ємності) може бути описано за допомогою моделювання рівняння Мещерського І.В. [2] та формули Циолковського К.Е. [3], але в роботі [4] за допомогою математичного моделювання поверхневих хвиль Релея, тобто частинних похідних. Принцип поєднання цих математичних моделей зведено в роботі [5], в якій наведено загальну дискретну модель та запропоновано обчислювати коливання рідини за рахунок введення парціальних осциляторів, які мають свій розмір та вагу.

Лінійна (лінеаризована) модель – це модель, яка позбавлена динамічної складової (наприклад, поздовжні сили, коефіцієнти зчеплення коліс з дорогою дорівнюють константі), проте враховує взаємозв'язок між ланками механічної системи. Отож, лінійну модель доцільно моделювати для аналізу власних властивостей системи.

Загальне рівняння коливального процесу машинно-тракторного агрегату з напівпричіп-цистерною має наступний вигляд

$$M \cdot \ddot{\vec{Y}} + F \cdot \dot{\vec{Y}} + C \cdot \vec{Y} = \vec{0}; \quad (1)$$

де  $M$  – це діагональна інерційна матриця, яка складена із мас та моментів інерції;  $F$  – матриця демпфірування;  $C$  – матриця жорсткості;  $\vec{Y}$  – вектор-стовпець, який сформовано на основі складових величин коливального процесу.

При вирішенні рівняння (1) матрицею  $F$  можна знехтувати адже її вплив на резонансні зони не суттєвий. Тоді рівняння (1) можна привести до наступного вигляду

$$M^{1/2} \frac{d^2}{dt^2} (M^{1/2} \cdot \vec{Y}) + C \cdot M^{-1/2} (M^{1/2} \cdot \vec{Y}) = \vec{0} . \quad (2)$$

$$\frac{d^2}{dt^2} \vec{Y}^* + C^* \cdot \vec{Y}^* = \vec{0} , \text{ де } C^* = M^{-1/2} \cdot C \cdot M^{-1/2} > 0 , \vec{Y}^* = M^{1/2} \cdot \vec{Y} .$$

На основі вище зазначеного власні кутові частоти  $\omega$  :

$$\det(\omega^2 I - C^*) = 0 .$$

Результатом математичного моделювання лінійної моделі руху трактора з вільною поверхнею рідини в причіпній та напівпричіпній цистернах (з ротором або без нього) буде розподіл резонансних частот, яким відповідатиме певна форма власних коливань.

Коефіцієнти кожної ( $k$  – тої) власної форми нормовано у відповідності до правила

$$\dot{Y}_j^* = M^{1/2}_{j,j} \cdot \dot{Y}_j , j = 0, 1, \dots, 18 .$$

Слід зазначити, що для напівпричіпної цистерни з гідравлічним змішувачем індекс  $j$  змінюється до 19 (за рахунок вираховування поздовжнього руху валу ротора гідравлічного змішувача), а для причіпної та напівпричіпної цистерни змінюється до 18. Якщо тепер утворити суми

$$T_k = 0.5 \cdot A_k^2 \cdot \omega_k^2 \cdot \sum_{j=0}^{18} (\dot{Y}_j^*)^2 ,$$

де  $A_k, \omega_k = 2\pi \cdot \nu_k$  – амплітуда та кругова частота коливань, тоді ці суми відповідатимуть кінетичній енергії коливання. Тому сума квадратів координат  $\vec{Y}_j^*$  дорівнює 1.

Отже, в матеріалах даної конференції представлено основні принципи побудови лінійної (лінеаризованої) математичної моделі коливань колісного трактора та причіпної або напівпричіпної (зі змішувачем чи без нього) цистерн з будь-яким рівнем рідини. Дана модель дозволяє проводити аналіз власних (резонансних) частот шляхом дослідження форм рухів складових частин коливальної системи, амплітуди яких нормовані за їх вкладом до загальної кінетичної енергії коливань. Моделювання такої моделі дозволить, ще на початку конструювання забезпечити первинний підбір транспортного засобу з цистерною.

## Література

1 Кожушко А.П. Аналіз конструктивних особливостей причіпних та напівпричіпних цистерн у складі машинно-тракторного агрегату // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ



«ХП». – 2019. – № 5 (1330). – С. 34 – 40. – doi:10.20998/2413-4295.2019.05.05.

2 Мешерский И.В. Работы по механике тел переменной массы. – Москва: Изд. Техничко-теоретической литературы, 1949. – 275 с.

3 Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами. – «Научное обозрение», 1903. – № 5. – С. 45 – 75.

4 Кожушко А.П., Григор'єв О.Л. Математичне моделювання низько-частотних коливань в'язкої рідини в горизонтальній ємності з вільною поверхнею // Вісник Національного технічного університету «ХП». – Харків: НТУ «ХП», 2018. – № 3 (1279). – С. 41 – 51.

5 Кожушко А.П., Григор'єв О.Л. Моделювання пов'язаних коливань колісного трактора та цистерни з рідиною на прямому шляху зі складним рельєфом // Вісник Національного технічного університету «ХП». – Харків: НТУ «ХП». – 2018. – № 27 (1303). – С. 34 – 61.

УДК 519.85

## **ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПІДПРИЄМСТВА**

Л.М. Колечкіна, Ю.О. Литвиненко

*Полтавський університет економіки і торгівлі, Полтава*

Вивчення різноманітних, складних та взаємозалежних явищ і процесів, пов'язаних з діяльністю підприємств, передбачає їх оцінку за допомогою комплексу показників. Це дає змогу отримати цілісну характеристику сукупності підприємств, зокрема оцінити їх структуру та структурні зрушення за основними показниками діяльності, виявити закономірності взаємозв'язку та динаміки розвитку [1]. Розглядаючи сукупність підприємств як складну динамічну систему, використовують комплекс взаємопов'язаних показників, які характеризують їх статику - теперішній стан і структуру на макрорівні, а також оцінюють динаміку та перспективи розвитку [2].

При вивченні причинно-наслідкових зв'язків показники поділяють на результатні та факторні. Це групування не є постійним, воно залежить від конкретних ситуацій, мети аналізу. Наприклад, при оцінці змін прибутку від реалізації продукції показник собівартості продукції розглядають як факторний. Водночас при вивченні затрат на виробництво собівартість розглядають як результатний показник, що залежить від ба-

гатьох факторів виробництва. Слід відмітити, що при використанні статистичного показника необхідно розглядати наступні задачі: опис структури економіки підприємства, опис тенденцій розвитку економіки в майбутньому, аналіз і прогнозування різної економічних явищ, вияв факторів розвитку економіки підприємства для прийняття управлінських рішень [3-4].

Більшість статистичних методів відносяться до методів параметричної статистики, в основі яких лежить припущення, що випадковий вектор змінних утворює деякий багатовимірний розподіл. Якщо це припущення не знаходить підтвердження, слід скористатися непараметричними методами математичної статистики.

При моделюванні економічних показників підприємства засобами статистичного аналізу застосовуються наступні підходи:

1. *Кореляційний аналіз* дозволяє встановити силу і напрям стохастичного взаємозв'язку між змінними (випадковими величинами).

2. *Регресійний аналіз* забезпечує моделювання взаємозв'язку однієї випадкової змінної від однієї або декількох інших випадкових змінних. При цьому, перша змінна називається залежною, а решта - незалежними. Вибір або призначення залежною і незалежних змінних є довільним (умовним) і здійснюється дослідником в залежності від розв'язуваної ним задачі.

3. *Канонічний аналіз* призначений для аналізу залежностей між двома списками ознак (незалежних змінних), що характеризують об'єкти.

4. *Дисперсійний аналіз* можна визначити як параметричний, статистичний метод, призначений для оцінки впливу різних чинників на результат експерименту, а також для подальшого планування експериментів.

5. *Кластерний аналіз* – це метод класифікаційного аналізу; його основне призначення – розбиття множини досліджуваних об'єктів і ознак на однорідні в деякому сенсі групи, або кластери [5].

**Висновки.** Отже, використання статистичного аналізу для моделювання економічних показників підприємства є ефективним інструментом. При застосуванні відповідного програмного забезпечення (MS Excel, GPSS World, AnyLogic і т.п) можна швидко отримати точні показники діяльності підприємства та зробити відповідні висновки щодо його функціонування на даний момент та розрахувати прогнозні значення на майбутнє.

## Література

1. Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2001. – 170 с.
2. Опря А. Т. Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань): Навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 448 с.
3. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для бакалавров / В.Е. Гмурман. - М.: Юрайт, 2013. - 479 с.
4. Горлач, Б.А. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие / Б.А. Горлач. - СПб.: Лань, 2013. - 320 с.
5. Калинина, В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для бакалавров / В.Н. Калинина. - М.: Юрайт, 2013. - 472 с.

УДК 539.3

### **РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В СИСТЕМЕ КОЛОДКА-КОЛЕСО ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА**

К.С.Курочка, Е.В.Комракова

*Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, Беларусь*

При эксплуатации рельсового транспорта (железнодорожный транспорт, трамваи и т.п.) неизбежны периоды торможения. Само торможение обеспечивается за счет трения между элементами тормозной пары (колесо и тормозная колодка). При данном виде физического взаимодействия между телами происходит переход механической энергии (кинетической энергии) в тепловую энергию, что приводит к нагреву как колес, так и тормозных колодок, особенно в зоне их контакта [1]. Для повышения эффективности и надежности эксплуатации рельсового транспорта представляет практический интерес рассмотрение взаимодействия между элементами тормозной пары для поиска конструкторских решений позволяющих уменьшить изнашиваемость элементов тормозной пары из-за повышенных значений температур в них при торможении.

При данном численном исследовании рассматривалось динамическое термоупругое трибоконтактное взаимодействие между элементами

тормозной пары при учете торможение колеса. Эффект юза, т.е. скольжение колеса относительно рельса медленнее чем это необходимо для рассматриваемой скорости, в данной работе не рассматривался.

Расчетная модель тормозной пары представлена на рисунке 1 и представляет собой плоскую систему состоящей из фрагмента колеса (1) и тормозного башмака, состоящего из подошвы (2<sub>1</sub>) и основания (2<sub>2</sub>).

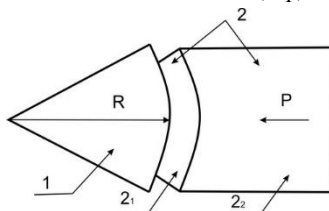


Рисунок 1– Расчетная схема тормозной пары рельсового транспорта

Тормозная колодка прижимается к колесу с силой  $P$ . Трение в области контакта рассчитывалось по формуле  $F_{mp} = k \cdot f(P)$ .

Математическое описание рассматриваемой расчетной модели для каждого элемента тормозной пары описывается следующими уравнениями термоупругости [2]

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} + \{\beta\}\Delta T,$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = T_0 \{\beta\}^T \frac{\partial \{\varepsilon\}}{\partial t} + \rho C \frac{\partial (\Delta T)}{\partial t} - [K]\nabla^2 T,$$

где  $\{\varepsilon\}$  – вектор деформации;  $D$  – матрица упругой жесткости;  $\{\sigma\}$  – вектор напряжений;  $T$  – текущая температура;  $Q$  – плотность потока;  $T_0$  – абсолютная температура окружающей среды;  $\{\beta\}$  – вектор температурных коэффициентов;  $\rho$  – плотность;  $C$  – удельная теплоемкость при постоянной деформации;  $[K]$  – матрица теплопроводности.

Задача решалась с помощью метода конечных элементов. При построении модели тел использовались конечные элементы, описываемые следующими матричными уравнениями [3]

$$\begin{bmatrix} [M] & [0] \\ [0] & [0] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\ddot{u}\} \\ \{\dot{T}\} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} [C] & [0] \\ [0] & [C^t] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\dot{u}\} \\ \{\dot{T}\} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} [K] & [K^{ut}] \\ [K^t] & [K^t] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{u\} \\ \{T\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F\} \\ \{Q\} \end{Bmatrix}$$

где  $M$  – матрица масс;  $u$  – вектор смещений;  $T$  – вектор температуры;  $C$  – матрица демпфирования;  $C^t$  – удельная теплоемкость;  $K$  – матрица жесткости;  $K^{ut}$  – матрица термоупругой жесткости.

Расчетная сетка конечных элементов строилась стандартным способом, т.е. для достижения оптимальной точности и времени расчета она сгущалась в зонах близких к контактным областям. При этом для корректного решения задачи использовалась совместная сетка на соприкасающихся поверхностях в тормозной паре.

Для физически корректного результата интервал разбиения по времени выбирался таким образом, чтобы колесо поворачивалось примерно на 50 угловых секунд за квант времени вычислений.

Проводилось численное исследование влияния различных режимов торможения колеса на распределения температур и напряженно-деформированного состояния в тормозной паре. Согласно проведенным расчетам в начальный момент времени наибольшие температуры возникают на краях подошвы тормозной колодки, а далее с течением времени они перемещаются в центр подошвы.

Результаты, полученные при данном исследовании могут быть использованы для уточнения конструкций тормозных колодок с целью увеличения эффективности их применения, и следовательно надежности использования экологического рельсового транспорта.

### **Литература**

1. Новацкий, В. Теория упругости / В. Новацкий. – М.:Мир, 1975.– 872с.
2. Старовойтов, Э.И. Основы теории уругости, пластичности и вязкоупругости / Э.И. Старовойтов – Гомель: БелГУТ, 2001 – 344 с.
3. Румянцев, А.В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности / А.В.Румянцев – Калининград, 2010 – 195 с.

УДК 004.93

## **МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ КОРИСТУВАЧЕМ ПІД ЧАС ПРОЦЕСУ СОРТУВАННЯ ВТОРИННОЇ СИРОВИН**

Ю.М. Шишман

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Проблема сміття в Україні стоїть особливо гостро - 95% всіх твердих відходів потрапляють на звалища. Кожен українець щорічно генерує близько 350 кг сміття. А в рік на полігони і неофіційні звалища вивозять

приблизно 14 мільйонів тон побутових відходів. Загальна площа всіх звалищ складає майже 5% території країни [1].

В Україні процес сортування сміття стає більш популярним, люди розуміють шкоду, яку чинять навколишньому середовищу і врешті решт починають сортувати вторинну сировину. Але при цьому стикаються з рядом труднощів:

- відсутність розуміння категорій відходів;
- відсутність розуміння конкретної сировини, до якого типу відходів може відноситися;
- брак інформації щодо пунктів прийому сировини.

З огляду на це є актуальним питання розробки інформаційної системи підтримки утилізації відходів (ІСПУВ), яка б водночас змогла б надавати рекомендації щодо попередньої обробки та доставки вторинної сировини в пункти збору

Бот – це комп'ютерна програма, призначена для людей, яка автоматично і / або за деякою послідовністю виконує певні дії через текстовий чат. Dialogflow – це онлайн сервіс від компанії Google, який дозволяє створювати чат-ботів різного призначення. Сервіс дозволяє створювати розмовні інтерфейси поверх програмних продуктів і послуг, забезпечуючи потужний механізм розуміння природної мови (NLU) для обробки та розуміння текстів природними мовами.

Для розробки чат-ботів Dialogflow надає агентів, сутності та наміри. Агент (Agent) - це і є чат-бот, який може зрозуміти великі і різноманітні нюанси людської мови. Набір (Intent) - це зіставлення між тим, що говорить користувач, і які операції може виконати бот. Сутність (Entity) - це група об'єктів, які необхідно розпізнати агенту.

Агенти Dialogflow використовують алгоритми машинного навчання, щоб зрозуміти висловлювання природною мовою, зіставити їх з намірами і витягти структуровані дані.

Агент навчається як від фраз навчання, які ви надаєте, так і від мовних моделей, вбудованих у Dialogflow. Виходячи з цих даних, він буде алгоритм для прийняття рішень про те, який намір повинен бути узгоджений з висловом користувача. Цей алгоритм є унікальним для вашого агента.

Dialogflow оновлює алгоритм машинного навчання вашого агента щоразу, коли ви вносите зміни до намірів і об'єктів, імпортуєте або відновлюєте агента або тренуєте свого агента. [2].

На рисунку 1 зображено частину детермінованого дерева рішень (підкатегорії пластику), яке відображає можливі варіанти рішень користувача та отриману користь при виборі того чи іншого стану при роботі з

чат-ботом. Процес прийняття рішень за допомогою дерева рішень виконується в п'ять етапів:

Етап 1. Формулювання завдання. Насамперед необхідно відкинути всі фактори, що не стосуються проблеми, а серед множини тих, що залишилися, виділити істотні та несуттєві.

Етап 2. Побудова дерева рішень.

Етап 3. Оцінка імовірностей станів середовища, тобто зіставлення шансів виникнення кожної конкретної події.

Етап 4. Встановлення виграшів (чи програшів, як виграшів зі знаком мінус) для кожної можливої комбінації альтернатив (дій) і станів середовища.

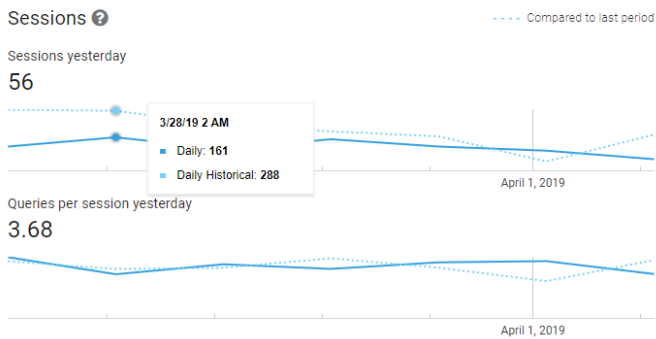
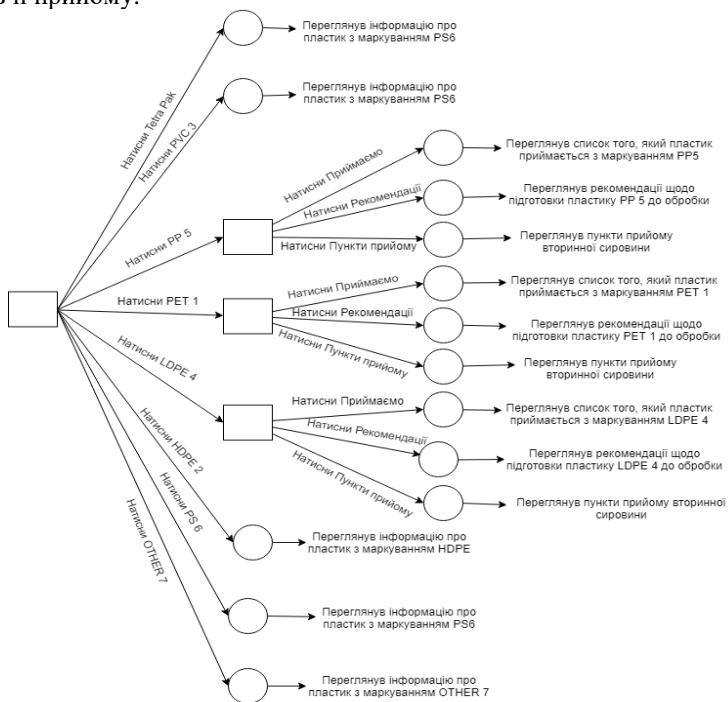
Етап 5. Вирішення завдання. «Дерево рішень» складається з ряду вузлів і гілок, які з них виходять [3]. Квадрати позначають пункти прийняття рішень, кола – можливі події, а дуги – відповідають переходам між логічно пов'язаними рішеннями і випадковими подіями. З верхин рішень (квадратів) виходить стільки дуг, скільки є варіантів (альтернатив); вибір конкретної дуги (варіант рішення). Для розробленої підсистеми надання рекомендацій щодо попередньої обробки та доставки вторинної сировини в пункти збору дерево рішень є детермінованим, оскільки користувач в будь-якому випадку отримує користь, навіть якщо він не знайшов точної відповіді на своє питання, то чат-бот надасть інформацію про те, де можна знайти відповідь або до кого звернутися.

Для аналізу ефективності розробленого продукту можемо переглянути статистику, що стосується конкретного агента. Він допомагає обробляти вхідні дані від користувача в структуровані дані, які можна використовувати для повернення певної відповіді. На рисунку 2 відображено графік сесій, коли користувач взаємодіє з чат-ботом. Значення 56 над графіком означає кількість сеансів за попередній день. Синя лінія на графіку показує дані за поточний день або період часу, а вторинна пунктирна лінія (світло-блакитна) позначає дані за попередній день або період часу, тому ми можемо порівняти останні зміни.

На рисунку 3 представлено приклад статистичних даних про розмовні шляхи, які користувачі системи обрали при взаємодії з агентом, а також відсоток всіх користувачів, які отримали відповідь на поставлене запитання та кількість запитів, яким було співставлено намір.

Впровадження інформаційної системи підтримки утилізації відходів надасть можливість збільшити обізнаність користувачів у процесі сортування вторинної сировини, полегшити процес сортування та отримати релевантні відповіді стосовно сортування та пунктів обробки. Вбудований в систему чат-бот допомагає отримувати релевантні відповіді

на запити користувачів стосовно сортування вторинної сировини та пунктів її прийому.





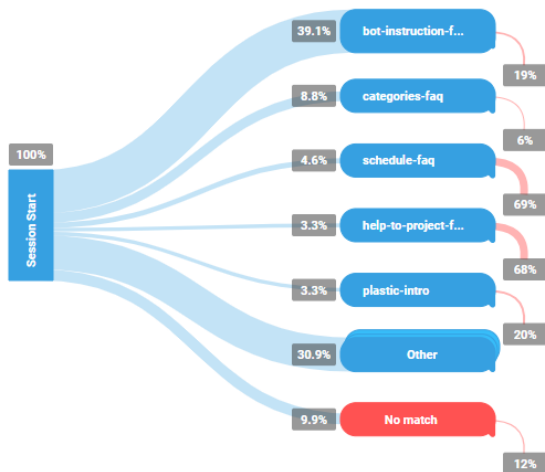


Рис. 3. Діаграми потоку сеансу

## Література

1. Сортування сміття – красиве і корисне. URL: [https://lb.ua/society/2018/05/02/396399\\_sortuvannya\\_smittya\\_krasive\\_i\\_korisne.html](https://lb.ua/society/2018/05/02/396399_sortuvannya_smittya_krasive_i_korisne.html) (дата звернення: 10.03.2019)
2. Machine learning. URL: <https://dialogflow.com/docs/agents/machine-learning> (дата звернення: 25.02.2019)
3. Використання «дерева рішень» URL: [https://pidruchniki.com/10780621/ekonomika/vikoristannya\\_dereva\\_rishen](https://pidruchniki.com/10780621/ekonomika/vikoristannya_dereva_rishen) (дата звернення: 02.05.2019)

УДК 519.854.2

## МОДЕЛЮВАННЯ ДОСТАТНІХ УМОВ ОПТИМАЛЬНОСТІ РОЗКЛАДІВ ВИКОНАННЯ РОБІТ МАШИНАМИ

Ю.Ю. Мартинюк

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського», Україна*

Робота присвячена дослідженню трьох практично значущих задач теорії розкладів.

**1 Постановка задачі.** Задано множину робіт  $J = \{1, 2, \dots, j, \dots, n\}$  та  $m$  паралельних машин різної швидкості. Величина  $p_j$  є тривалістю виконання роботи  $j$  на машині 1 (машина 1 вважається еталонною). Швидкість машини  $i$  позначається через  $v_i$ . Час, який машина  $i$  витрачає на виконання роботи  $j$ , дорівнює  $\frac{p_j}{v_i}$ . Усі роботи множини  $J$  надходять

одночасно в нульовий момент часу, процес обслуговування кожної роботи протікає без переривань. Всі машини починають свою роботу в нульовий момент часу, згідно з роботами [1-3].

Задача 1. Знайти розклад, у якому досягає мінімуму максимальний момент завершення робіт ( $C_{\max}$ ).

Задача 2. Знайти розклад, у якому досягає максимуму мінімальний серед моментів завершення робіт машинами.

Задача 3. Знайти розклад з максимально рівномірним розподілом робіт між машинами.

**2 Результати дослідження задач.** Першим кроком аналізу задач є визначення нижньої границі загального часу виконання усіх робіт (нижньої границі критерія оптимальності задачі

$$1) C^* = \frac{P}{V}, \text{ де } P = \sum_{j=1}^n p_j \text{ - сумарний обсяг робіт в системі, } V = \sum_{i=1}^m v_i$$

- сумарна швидкість машин. Очевидно, що розклад, у якому машини завершують виконання робіт в момент часу  $C^*$  є оптимальним за трьома критеріями. Ця стаття є продовженням роботи, в якій для задач, що аналізуються, було виконано перетворення критерія оптимальності у функції відхилення від значення  $C^*$ . Це дало можливість сформулювати допоміжні оптимізаційні задачі, метою яких є визначення «ідеального контуру розкладу». Далі для зручності, що усі  $p_j$  є цілими числами, а машини упорядковані за швидкістю так, що  $v_1 \geq v_2 \geq \dots \geq v_m$ . Введемо допоміжну величину де  $k_i = \frac{1}{v_i}$  - коефіцієнт продуктивності машини  $i$ ,

$i = 1, \dots, m$  (тоді виконується  $k_1 \leq k_2 \leq \dots \leq k_m$ ).

**2.1 Критерій оптимальності.** З урахуванням введених позначень сформулюємо критерії оптимальності для задач, що розглядаються, як функції відхилення від  $C^*$ . Розглянемо розклад деякий  $\sigma$ .

**Задача 1.** Критерій мінімізації максимальної з тривалості завантаженості машин (мінімізації загального часу виконання всіх завдань) має вигляд (2.1):

$$C_{\max} = \max_i S_i(\sigma) = C^* + \max_{1 \leq i \leq m} \Delta_i(\sigma) \rightarrow \min. \quad (2.1)$$

З урахуванням того, що  $C^* = \text{const}$ , критерій  $C_{\max} \rightarrow \min$  зводиться до мінімізації максимального виступу (2.2):

$$\max_{1 \leq i \leq m} \Delta_i(\sigma) \rightarrow \min. \quad (2.2)$$

**Задача 2.** Задача зводиться до мінімізації максимального резерву (2.3):

$$\max_i R_i(\sigma) \rightarrow \min. \quad (2.3)$$

**Задача 3.** Під розкладом з максимально рівномірним завантаженням машин можна вважати розклад, для якого ЦФ є :

**3а)**  $\max_i \{R_i(\sigma)\}; \{\Delta_i(\sigma)\} \rightarrow \min;$

**3б)**  $\max_i \{R_i\} + \max_i \{\Delta_i\} \rightarrow \min;$

**3в)**  $\sum_{i=1}^m R_i + \sum_{i=1}^m \Delta_i \rightarrow \min.$

**Допоміжна оптимізаційна задача 1.** Математична модель допоміжної оптимізаційної задачі (ДОЗ) для визначення найкращого за критерієм (1) розподілу робіт із загальним обсягом  $P$  має такі складові: 1) змінні:  $x_i$  – кількість робіт одиничної тривалості, які повинні бути призначені на машину  $i$ ,  $i = 1, \dots, m$ ;

2) обмеження:  $\sum_{i=1}^m x_i = \delta$ ;  $x_i \geq 0$ , ціла,  $i = 1, \dots, m$ ;

3) Цільова функція:  $\max_i \{k_i(x_i - e_i)\} \rightarrow \min.$

**ДОЗ 2.** ЦФ задачі:  $\max_i \{k_i(e_i - x_i)\} \rightarrow \min.$

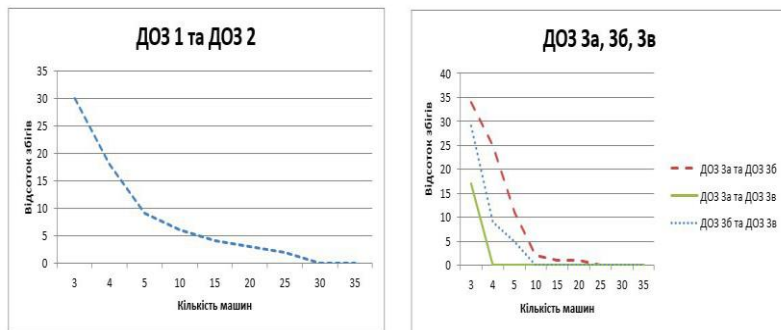
**ДОЗ 3.** ЦФ допоміжних задач:

**3а)**  $\max_i \{|k_i(e_i - x_i)|\} \rightarrow \min;$

**3б)**  $\max_i \{k_i(x_i - e_i)\} + \max_i \{k_i(e_i - x_i)\} \rightarrow \min;$

**3в)**  $\sum_{i=1}^m |k_i(e_i - x_i)| \rightarrow \min.$

**Результати експериментів.** Отримані результати експериментів наведено на рисунку 1.



**Рисунок 1** – Вплив кількості машин на відсоток збігів оптимальних контурів розкладів

### Висновки

У роботі були досліджені задачі теорії розкладів надання робіт на виконання пропорційними машинами. Були змодельовані допустимі умови оптимальності кожної з ДОЗ.

### Література

1. Popenko V., Sperkach M., Zhdanova O., Kokosinski Z.: On Optimality Conditions for Job Scheduling on Uniform Parallel Machines. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) *Advances in Computer Science for Engineering and Education II*. ICCSEEA 2019. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 938, pp. 103-112. Springer, Cham (2020) // *The Second International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications ICCSEEA 2019*, 26–27 January 2019, Kiev, Ukraine. – 2019, pp. 103-112. doi: 10.1007/978-3-030-16621-2\_10

2. Pinedo M.L. *Scheduling. Theory, Algorithms and Systems* / Michael L. Pinedo. – Springer, 2008. – 671 p.

Senthilkumar P. *Literature Review of Single Machine Scheduling Problem with Uniform Parallel Machines* / P. Senthilkumar, S. Narayanan // *Intelligent Information Mana*

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ЗОНИ РІЗАННЯ НА ТОЧНІСТЬ ДІАМЕТРАЛЬНИХ РОЗМІРІВ ПІД ЧАС ОБРОБКИ ОТВОРІВ КОМБІНОВАНИМ ІНСТРУМЕНТОМ**

І. М. Лаппо, Н. В. Сокоринська, В. М. Авраменко, М. О. Сенькович  
*Державний науково-дослідний інститут випробувань та сертифікації озброєння і військової техніки*

Актуальність вивчення теплофізичних процесів механічної обробки обумовлена тим, що теплота, яка виділилась під час роботи різання, у значній мірі визначає навантаження на різальний інструмент, його стійкість, а також якість і точність розмірів оброблюваних поверхонь. Для цілеспрямованого та успішного застосування процесу різання й раціонального використання різального інструменту, необхідно знати закони виникнення та розподілу теплоти на різних ділянках деталі, інструменту, стружки; температуру на контактних поверхнях інструменту; температурне поле в зоні деформації й ріжучого клину. Тому дослідження робочих процесів у зоні різання під час обробки отворів і розробки на цій основі практичних рекомендацій підвищення точності обробляння отворів за рахунок зменшення похибки його поперечного профілю є важливою науково-практичною задачею в галузі оброблення різанням.

Формування теплового балансу термодинамічної системи інструмент – стружка – деталь – навколишнє середовище під час обробки отворів являє собою складний механізм взаємодії теплофізичних, фізико-механічних процесів, пов'язаних з надходженням, розподіленням та відводом тепла. Особливістю теплофізичних досліджень комбінованого осьового інструменту є взаємний вплив теплових джерел на різних ступенях. Зазвичай в комбінованому інструменті наступні ступені забезпечують більш якісну обробку поверхні. Тому найбільший інтерес становить дослідження впливу теплового джерела від попередніх ступенів на температурний стан на наступних ступенях осьового інструменту. При формуванні теплового балансу під час обробки отворів враховувалось тепловиділення в умовній площині зсуву, від тертя по передній та задній поверхні різального інструменту та тертя по стрічці, що калібрує, первинний розподіл теплоти між інструментом і деталлю, а також теплообмін із навколишнім середовищем. При визначенні первинних теплових потоків по передній і задній поверхні враховувалась геометрія інструменту та умови його роботи, а також тепловиділення по стрічці, що калібрує[1].

Загальне тепловиділення  $Q$  під час обробки отворів визначалось за формулою:

$$Q = Q_n + Q_p + Q_\varphi + Q_\varrho = \frac{\tau_p S_z t V}{\tan \Phi} + \frac{\sqrt{2} \tau_p t S_z V \cos(\pi/4 + \Phi - \gamma)}{\cos(\Phi - \gamma)} +$$

$$\frac{\tau_p t V (\rho \sin \Phi + l_3 + \Delta_2 / (2 \sin \alpha))}{\sin \varphi} + \frac{\tau_\delta V h_\varrho (l_\varrho + S_z)}{2} = \tau_p V \left[ \frac{t S_z}{\tan \Phi} +$$

$$\frac{t (\rho \sin \Phi + l_3 + \Delta_2 / (2 \sin \alpha))}{\sin \varphi} + \frac{h_\varrho (l_\varrho + S_z)}{2} + \frac{\sqrt{2} t S_z \cos(\pi/4 + \Phi - \gamma)}{\cos(\Phi - \gamma)} \right], \quad (1)$$

де  $Q_n$  – тепловиділення від зовнішнього тертя оброблюваного матеріалу по передній поверхні різця;  $Q_z$  – тепловиділення від зовнішнього тертя оброблюваного матеріалу по задній поверхні різця;  $Q_p$  – тепловиділення внаслідок пластичної деформації в зоні зсуву по умовній площині зсуву;  $Q_\varphi$  – тепловиділення від тертя в зоні контакту по стрічці, що калібрує, і поверхні деталі;  $\Phi$  – кут зсуву;  $\tau_p$  – дотичні напруження, Па;  $V$  – швидкість різання, м/хв;  $S_z$  – подача на зуб, мм/об;  $t$  – глибина різання, мм;  $\gamma$  – передній кут, град;  $l_3$  – величина контактної ділянки задньої поверхні інструменту;  $\rho$  – радіус заокруглення основної ріжучої кромки, мкм,  $h_\varrho$  – ширина зони контакту по стрічці, що калібрує, мм;  $l_\varrho$  – довжина зони контакту по стрічці, що калібрує, мм.

Оскільки теплові потоки визначають температурний стан в зоні різання, першочерговою задачею теплофізики різання є визначення складових параметрів рівняння (1), які б задовольняли умовам теплообміну в будь-який момент часу (рис. 1).

Для розробки математичної моделі теплового балансу в зоні різання під час обробки отворів комбінованим осьовим інструментом досліджувався вплив різних факторів на розрахункове значення температури.

За результатами проведених розрахунків з використанням інтегральних переходів першого й третього типу на підставі методу конструювання була отримана модель формування теплового балансу комбінованого осьового інструменту у вигляді:

$$Q_\varrho = \frac{3,37 \cdot q \cdot \sqrt{\pi} \cdot D^2 \cdot d^2 \cdot l}{4(D-d) \cdot V} \cdot e^{\left[ -\frac{V(D-d)}{2\omega} \right]}, \quad (2)$$

де  $q$  – об'ємна щільність тепловиділення внутрішніх джерел, Вт/м<sup>3</sup>;  $\omega$  – коефіцієнт температуропровідності, м<sup>2</sup>/с;  $V$  – швидкість різання, м/хв.;  $D$  – найбільший діаметр інструменту, мм;  $d$  – найменший діаметр інструменту, мм;  $l$  – глибина отвору, мм.

Було встановлено, що за тепловим джерелом, що рухається, температура практично постійна, а перед ним температура зменшується за експоненціальним законом тим більше, чим більша швидкість.

Унаслідок того, що теплові процеси під час різання практично стабілізуються за час менше секунди, основна увага приділялась приращенню температури при сталому температурному режимі.

При визначенні температурного стану деталі були враховані припущення, які застосовувались під час теплофізичних досліджень механічної обробки отворів: заміна комбінованих теплових джерел кільцевими простої форми і постійної інтенсивності; заміна осесиметричною задачею плоскою. Дослідження проводились на основі деталі типу втулка (рис. 2), внутрішньою поверхнею якої рухається кільцеве теплове джерело інтенсивністю  $q$ . У першу чергу розглядалась плоска задача із застосуванням методу джерел і послідо

вним переходом від точкового нерухомого джерела до лінійного рухомого джерела, яке діє на границі прямокутної області (рис. 2, в) [2].

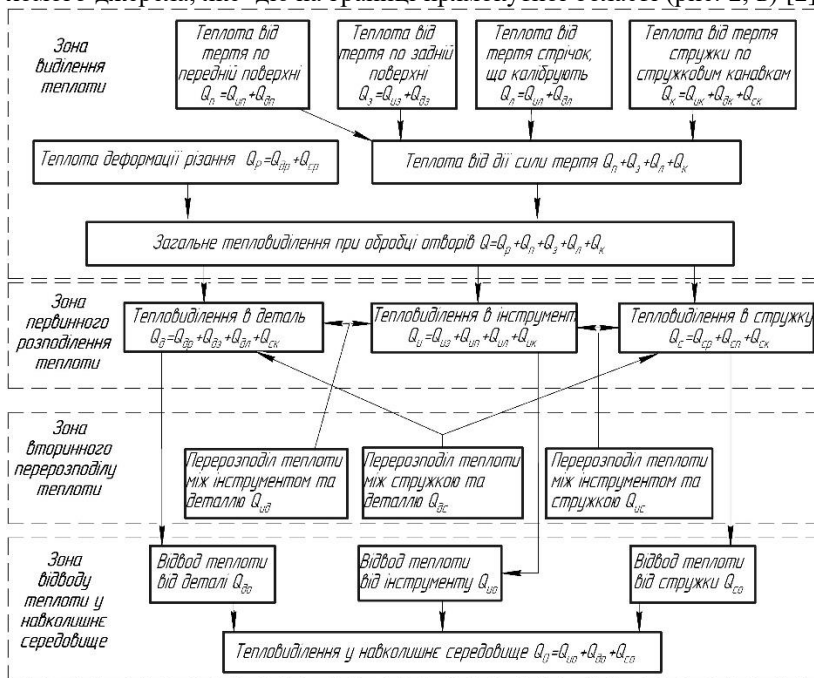


Рисунок 1 – Схема формування теплового балансу інструменту, деталі, стружки під час обробки отворів комбінованим інструментом

Рішення задачі було здійснено в чотири етапи, в результаті була отримана математична модель формування теплового балансу конструкційних матеріалів у вигляді:

$$Q_{\dot{a}} = \frac{q \cdot c \cdot \rho \cdot d \cdot D^2 \cdot l^2}{62,01 \cdot 10^3 \cdot \lambda} e^{\left[ \frac{-V(D-d)}{2\omega} \right]}, \quad (3)$$

де  $\rho$  – густина речовини, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  – питома теплоємність, Дж/кг·град;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·град;  $\omega$  – коефіцієнт теплопровідності, м<sup>2</sup>/с;  $q$  – об'ємна щільність тепловиділення внутрішніх джерел, Вт/м<sup>3</sup>;  $V$  – швидкість різання, м/хв;  $d$  – діаметр меншого ступеня комбінованого інструменту, мм;  $D$  – діаметр більшого ступеня комбінованого інструменту, мм.

Було встановлено, що під час обробки отворів найбільше впливає на

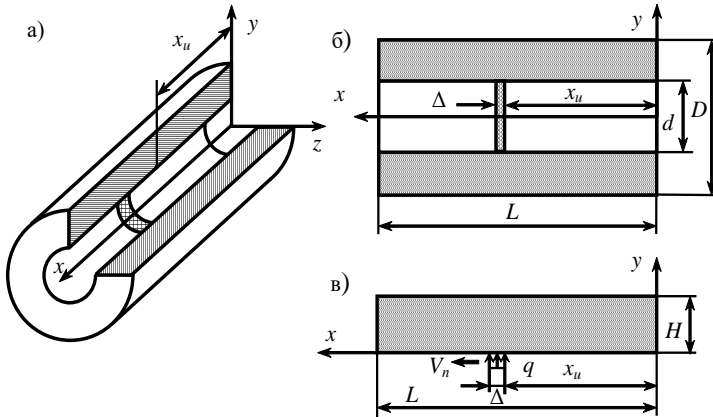


Рисунок 2 – Розрахункові схеми теплового навантаження втулки (а, б) і прямокутної області (в)

характер розподілення температур геометрія області розподілення температур, а рух інструменту є процесом послідовного прикладення кільцевого теплового джерела. Обертальний рух здійснюється за слідом, прогрітим попереднім тепловим джерелом із швидкістю різання  $V$ . Поступальний рух здійснюється холодною непрогрітою поверхнею отвору зі швидкістю подачі  $V_n$ . Швидкість різання  $V$  в  $\pi d / S$  разів більша швидкості подачі  $V_n$ . Для діапазонів подач при розвертуванні  $S = (0,8-2)$  мм/об при  $d = (20-50)$  мм це співвідношення дорівнює  $(32-195)$ . Тому заміна  $z$  комбінованих теплових джерел кільцевим під час чистової обробки отворів цілком обґрунтована.



На базі отриманих результатів побудована діаграма зміни робочих температур деталі в зоні різання під час обробки отворів для всіх умов теплового навантаження та параметрів різання, що мала характерний «сідлоподібний» вигляд з постійною температурою посередині отвору і значним зростанням температури на початку отвору (рис. 3). Подібне зростання температури пояснюється крайовим ефектом в цих зонах. Підвищення температури при цьому викликає накладення на основну теплову хвилю від діючого теплового джерела вторинних теплових хвиль, відбитих від передньої та задньої стінки втулки. Посередині отвору вплив відбитої хвилі менш істотний, зважаючи на її розсіювання. Аналітичні дослідження температурного стану дозволили встановити нелінійний характер зміни температури в зоні різання по глибині отвору [3].

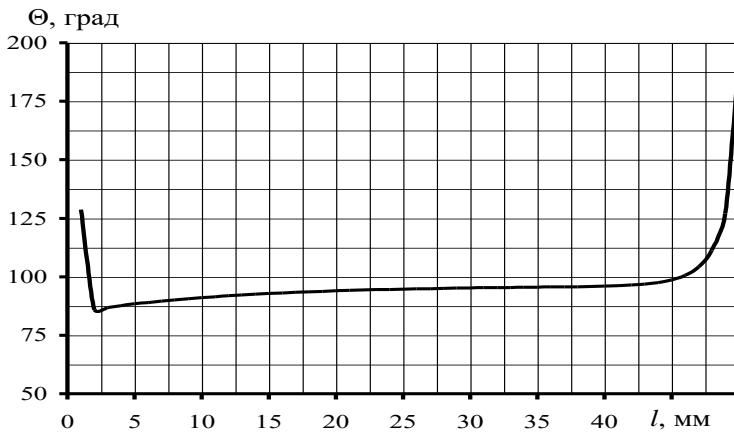


Рисунок 3 – Характерна зміна температури деталі в зоні різання по глибині отвору

Для дослідження кількісних характеристик температурного стану деталі використовувались чисельні методи. В результаті проведених аналітичних досліджень було встановлено, що зі зниженням пластичності та міцності оброблюваність матеріалів збільшується. Враховуючи, що міцність матеріалу монотонно зменшується зі збільшенням температури, а характеристики пластичності мають екстремальний характер з мінімумами при певній температурі, було зроблено припущення, що ця температура повинна відповідати температурі максимальної оброблюваності матеріалу.

Проведено аналіз зміни фізико-механічних характеристик оброблюваних матеріалів у залежності від температури, що дозволило вивчити можливості їх застосування для визначення температури максимальної оброблюваності матеріалів. Залежності характеристик пластичності від температури наведені на рис. 4 [4]. На підставі проведеного порівняльного аналізу гіпотеза про можливість застосування температур екстремальних значень фізико-механічних характеристик оброблюваних матеріалів для визначення температури їх максимальної оброблюваності була підтверджена. В результаті досліджень впливу температури на властивості матеріалів, було встановлено, що температура, при якій фізико-

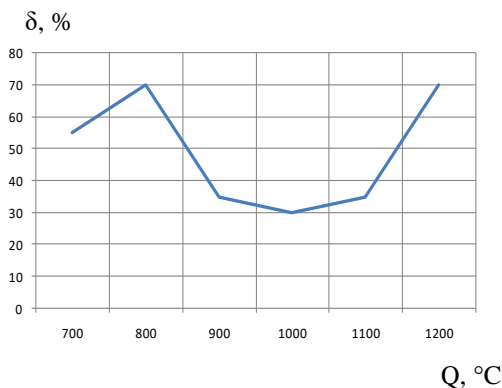


Рисунок 4 – Залежність характеристик пластичності від температури Сталі 45

механічні характеристики мають екстремальні значення, з достатньою точністю відповідає температурі максимальної оброблюваності матеріалу.

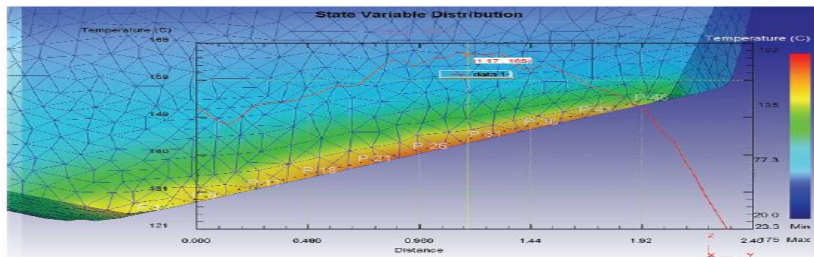


Рисунок 5 – Розповсюдження теплового поля по різучій кромці і передній поверхні свердла

Відомо, що в процесі металообробки теплові потоки не є стаціонарними: стружка, через яку відбувається значний тепловий перенос, постійно сколюється та деформується. Геометрія контактуючих поверхонь змінюється при врізуванні інструменту, змінюючи тим самим умови теплопередачі. Теплоємність і теплопровідність як самого інструменту, так і оброблюваної деталі нелінійно залежать від температури. Таким чином, лінійна задача теплопередачі при накладенні складних граничних умов набуває значної нелінійності. Для підтвердження теоретичних викладень було проведено імітаційне моделювання, результати якого наведені на рис. 5.

Визначено, що максимальна температура на ріжучій кромці свердла складає  $192^{\circ}\text{C}$ , що є допустимим для інструментальної Сталі Р6М5 [5]. Відомо, що розподіл температур в поперечному перерізі деталі визначає глибину прогрівання поверхні отвору, яка значною мірою залежить від коефіцієнта теплопровідності та товщини стінок деталі. Глибина зони інтенсивного прогрівання матеріалу деталі при постійній товщині стінок і властивостях матеріалу деталі залишається постійною по всій глибині обробки отвору. Подальший аналіз температурних деформацій деталі показав, що основні температурні деформації деталі визначає нагрітий шар матеріалу, температура якого обмежується  $Q = 0,5Q_{\max}$ , де  $Q_{\max}$  – максимальна температура в зоні різання для цього положення теплового джерела [6].

Встановлено, що при визначенні температури від дії двох одночасно діючих теплових джерел справедливий принцип суперпозиції. Тому температурний стан в поперечному перерізі отвору в довільний момент часу визначається рівністю температури інструменту та деталі, тобто  $Q_u = Q_d$ . Співставивши праві частини рівнянь (2) і (3) і виділивши з рівності швидкість, отримаємо вираз для визначення швидкості різання під час механічної обробки отворів осьовим інструментом у вигляді:

$$V = \frac{5,56 \cdot 10^5 \cdot d \cdot \lambda}{(D-d) \cdot c \cdot \rho \cdot l}, \quad (4)$$

де  $V$  – швидкість різання, м/хв;  $\rho$  – густина речовини,  $\text{кг/м}^3$ ;  $c$  – питома теплоємність,  $\text{Дж/кг}\cdot\text{град}$ ;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\text{Вт/м}\cdot\text{град}$ ;  $d$  – діаметр меншого ступеня комбінованого інструменту, мм;  $D$  – діаметр більшого ступеня комбінованого інструменту, мм.

З метою оцінювання адекватності отриманих моделей були проведені експериментальні дослідження обробки отворів циліндричної втулки комбінованим інструментом розвертка – зенкер. Як відомо, вели-

чина пластичної деформації характеризує опір матеріалу розвитку в'язкої тріщини. З цієї причини її називають в'язкістю руйнування. Чим вона більша, тим вище матеріал піддається руйнуванню. Це дозволяє визначити безпечний розмір тріщини при відомому робочому напруженні або, навпаки, безпечне напруження при відомому розмірі дефекту. Результати дослідження наведені у вигляді графіків на рис. 6–7.

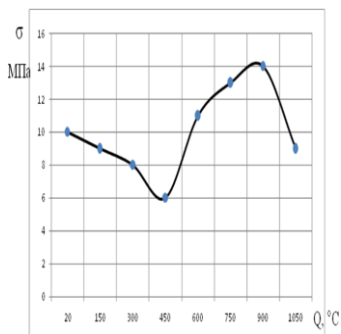


Рисунок 6 – Залежність величини пластичної деформації від температури для сплаву Р6М5

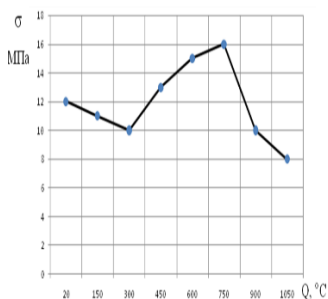


Рисунок 7 – Залежність величини пластичної деформації від температури для Сталі 45

За графіками максимально допустима температура різального інструменту складає 900 °С. Температура максимальної оброблюваності Сталі 45–750 °С. У даному випадку лімітною буде температура оброблюваності сталі.

На основі отриманої аналітичної моделі визначено швидкість різання, встановлено, що область інтенсивного нагріву деталі в зоні різання обмежена й складає (3–10) мм по глибині отвору й (2–7) мм по товщині деталі.

Встановлено, що на цей час немає точного способу визначення температури в зоні різання. Вона визначається експериментальним шляхом або за емпіричними залежностями, і як наслідок, значення температури в зоні різання досить приблизне. При зношуванні інструменту зростає сила різання, що призводить до зміни температури в зоні різання. При зміні швидкості різання, подачі, глибини різання температура також змінюється. Таким чином, на температуру в зоні різання впливають багато чинників, облік яких потребує довготривалих та трудомістких розрахунків.

## Література:

1. Резников А. Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов [Текст] / А. Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
2. Татьянченко А. Г. Теоретические основы прогнозирования термоупругих деформаций осевого инструмента и детали и их влияние на точность обработки отверстий [Текст] : Автореф. дис. докт. техн. наук: спец. 05.03.01 «Процессы механической обработки, станки и инструменты / А. Г. Татьянченко. – Донецк, ДонНТУ, 2006. – 36 с.
3. Ящерицын П. И. Основы резания материалов и режущий инструмент [Текст] / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Н. И. Жигалко. – Минск, «Вышейш. школа», 1975. – 528 с.
4. Лахтин Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов [Текст] / Ю. М. Лахтин. – М.: Металлургия, 1977 – 408 с.
5. Сменные пластины и инструмент SANDVIK–МКТС. [Текст] / Твердосплавный инструмент. – М., SANDVIK–МКТС, 2000.
6. Якимов А. В. Теплофизика механической обработки [Текст]: Учеб. Пособие / А. В. Якимов, П. Т. Слободяник, А. В. Усов. – К.; Одесса: Лыбидь, 1991. – 240 с.



**СЕКЦІЯ 3**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В**  
**ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

## ПАРАДИГМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В.М. Томашевський

*Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»*

Моделювання як одну з найважливіших категорій процесу пізнання неможливо відокремити від розвитку людства. Сфера його застосування охоплює всі області діяльності людства та природні явища. Людина використовує моделі, що дають можливість «програвати» будь-які життєві та виробничі ситуації й отримувати такі рішення, що дозволяють знайти найкращий спосіб вирішення проблеми. У таких випадках є можливість аналізувати за допомогою моделі будь-які ситуації, включаючи ті, за яких реальна система вийшла б із ладу. Це дозволяє моделювати катастрофи, рідкісні випадки, та навіть такі явища і процеси, яких не існує насправді, тобто віртуальну реальність.

Моделювання тісно пов'язане з аналізом будь-яких систем і є його складовою. Основне призначення моделювання – прийняття рішень за допомогою моделей. Найширшим класом моделей є математичні моделі, а найрозповсюдженим методом – комп'ютерне моделювання, популярним різновидом якого є імітаційне моделювання. Переваги імітаційного моделювання зв'язані з можливістю його застосування для будь-яких динамічних систем в умовах невизначеності з врахуванням тих факторів, які важко формалізувати. Зазвичай імітаційна модель відображає структуру модельованої системи та подається у вигляді сукупності алгоритмів або рівнянь, які описують процес функціонування системи. З точки зору розуміння засобів побудови імітаційної моделі важливим поняттям є парадигма імітаційного моделювання.

Моделювання як одну з найважливіших категорій процесу пізнання неможливо відокремити від розвитку людства. Сфера його застосування охоплює всі області діяльності людства та природні явища. Людина використовує моделі, що дають можливість «програвати» будь-які життєві та виробничі ситуації й отримувати такі рішення, що дозволяють знайти найкращий спосіб вирішення проблеми. У таких випадках є можливість аналізувати за допомогою моделі будь-які ситуації, включаючи ті, за яких реальна система вийшла б із ладу. Це дозволяє моделювати катастрофи, рідкісні випадки, та навіть такі явища і процеси, яких не існує насправді, тобто віртуальну реальність.

Моделювання тісно пов'язане з аналізом будь-яких систем і є його складовою. Основне призначення моделювання – прийняття рішень за



допомогою моделей. Найширшим класом моделей є математичні моделі, а найрозповсюдженим методом – комп’ютерне моделювання, популярним різновидом якого є імітаційне моделювання. Переваги імітаційного моделювання зв’язані з можливістю його застосування для будь-яких динамічних систем в умовах невизначеності з врахуванням тих факторів, які важко формалізувати. Зазвичай імітаційна модель відображає структуру модельованої системи та подається у вигляді сукупності алгоритмів або рівнянь, які описують процес функціонування системи. З точки зору розуміння засобів побудови імітаційної моделі важливим поняттям є парадигма імітаційного моделювання.

Парадигма (з грецької – «приклад», «взірець») – у загальному значенні це теоретико-методологічна модель, яка включає систему ідей і понять, що визначають концепцію створення імітаційних моделей. Для того, щоб визначити парадигму побудови імітаційної систем потрібно розглянути внутрішній механізм її реалізації, який стосується завдання внутрісистемного модельного часу, логіко-математичної схеми алгоритму імітації та структурної організації моделі.

Традиційно динамічні системи, а також їх моделі, поділяють на неперервні, дискретні та комбіновані. Для моделювання неперервних динамічних систем використовують блочні методи побудови моделей, які застосовуються для аналогового моделювання, і відтворюють роботу аналогових і гібридних ЕОМ, тобто елементами таких засобів моделювання є блоки суматори, інтегратори, підсилювачі. Аналогові мови моделювання успадкували аналогові блок-схеми. Такий підхід і зараз є базовим, але апаратні блоки замінюються програмними (інструментальна середовище Simulink), а моделі розв’язують прямим інтегруванням або засобами систем імітаційного моделювання. Блоки виконують математичні обчислення та з’єднуються між собою, передають один одному значення змінних від входів одних блоків до виходів інших. Таким чином, блок-орієнтовані мови моделювання скоріше відображають засоби розрахунків ніж саму структуру модельованої системи.

Останнім часом широко впроваджені мови моделювання, які базуються на рівняннях, і не потребують опису алгоритмів розв’язку цих рівнянь. Це завдання виконує компілятор мови моделювання. Однією з широко застосованих мов моделювання такого типу є Modelica (<https://www.modelica.org/>) – об’єктно-орієнтована, декларативна, мультидоменна мова моделювання для компонентно-орієнтованого моделювання складних систем, які містять механічні, електричні, електронні, гідравлічні, теплові та інші компоненти. На сьогодні цю мову використовують багато великих підприємств, таких як Siemens, ABB и EDF, AUDI, MBW, Daimler, Ford, Toyota, VW та інші.

Для формального представлення моделей неперервних систем Дж. Форестер запропонував підхід, названий системною динамікою, який дає змогу будувати моделі динамічних взаємопов'язаних систем за допомогою причинних діаграм циклів і схем виду «фонд – потік». Модель базується на системі диференціально-різницевих рівнянь, звичайно це рівняння Ланкастера, розв'язання яких у замкненому виді виконується числовим методом на деякому проміжку часу, що дає змогу моделювати зміни фондів і потоків пов'язаних між собою через змінні.

Візуальна графічна модель будується за допомогою ідеограм, а програмний код будується автоматично. Програмні інструменти, що використовують ідеографічні нотації вважаються засобами візуального мислення. До них відносяться Stella і iThink, Powersim, Vensim, Modus та ін. Практично всі ці засоби будуються на базі мови DYNAMO. Сучасні системи неперервного моделювання розширені засобами моделювання випадкових функцій та логічними виразами, мають можливість задавати залежності в графічному та табличному виглядах, взаємодіють з базами даних і таблицями Excel, У більшості випадків такі пакети моделюють не тільки неперервні системи, а й неперервно-дискретні, включаючи можливості створення черг, конвеєрів і пристроїв.

Дискретно-подійні моделі є найбільш розповсюдженим класом імітаційних моделей, які охоплюють системи масового обслуговування, транспортні, інформаційні, логістичні, медичні, ремонтні системи, збиральне виробництво та багато інших систем і процесів. Усі вони побудовані на концепції просування модельного часу від події до події, тобто в моменти часу, коли змінюються властивості модельованого процесу. В книзі [1] розглядаються три основних підходи, які дозволяють будувати моделюючі алгоритми для дискретно-подійних систем: орієнтовані на події, види діяльності та процеси. Імітаційні мови і системи орієнтовані на процеси є найбільш універсальними і дозволяють створювати об'єктно-орієнтовані засоби імітаційного моделювання, серед яких необхідно виділити середовище візуального моделювання VSE, яке відтворює концепцію «Що бачу на екрані, то і отримаю під час моделювання» з автоматичним створенням коду імітаційної програми. Для усіх імітаційних систем орієнтованих на процеси характерно присутність динамічних об'єктів (повідомлень, транзактів), які рухаються по моделі за визначеною схемою та у міру свого просування «споживають» деякі ресурси. Структура програмної реалізації імітаційної моделі, як правило, співпадає зі структурою об'єкта моделювання.

Клас засобів моделювання орієнтованих на процеси значний, серед яких потрібно виділити пакети орієнтовані на моделювання виробництва, такі як FlexSim (<https://www.flexsim.com/flexsim/whats-new/>),

останнє оновлення, якого зроблено у 2019 р., та Arena (<https://www.arenasimulation.com/>). Цей пакет широко використовується великими світовими корпораціями PWC, Federal Express, Nike під час моделювання бізнес-процесів і дозволяє будувати імітаційні моделі по діаграмах створених за допомогою BPwin.

Агентне моделювання (agent-based model) – метод імітаційного моделювання, який досліджує поведінку децентралізованих агентів і те, як така поведінка визначає поведінку всієї системи в цілому. Під агентом розуміється деяка сутність, яка володіє активністю, автономною поведінкою, може приймати рішення за певним набором правил, може взаємодіяти з оточенням та іншими агентами, а також може змінюватися (еволюціонувати). Багатоагентні моделі використовуються для дослідження динаміки колективної поведінки (суспільства, колоній, популяцій і т. ін.) і можуть включати десятки і сотні тисяч активних агентів. Агентний підхід дозволяє отримати інформацію про загальні глобальні закони досліджуваної моделі, що базуються на активності її складових елементів, тобто використовується індуктивний підхід створення моделей..

Зручним середовищем створення багатоагентних моделей є імітаційна система AnyLogic, яка для формалізації поведінки агентів у системі використовує діаграму станів (State Chart). Для створення моделей у більшості випадків використовується графічний редактор, в якому користувач описує всі складові моделі. Поведінка окремих елементів моделі описується об'єктно-орієнтованою мовою програмування Java. Існує багато прикладів моделей різноманітних логістичних мереж та транспортних систем, систем керування різними бізнес-процесами та бібліотека готових модулів і розроблених моделей.

З агентним підходом тісно пов'язане ситуаційне моделювання, яке описує множину ситуацій та множину правил (алгоритмів), за якими агент визначають процес, що повинен виконуватися. Для цього можуть використовуватися таблиці та дерева рішень. У більш складних випадках при використанні бази знань можуть застосовуються моделі штучного інтелекту.

## **Література**

1. Томашевський В.М., Моделювання систем. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005, – 352 с.

## TEXT COMPRESSION BASED ON DICTIONARY

Lyakhov O.L. Doctor of engineering, Melnyk M.A.  
*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava,  
Ukraine.*

**Introduction.** The amount of data in the digital representation in 2013 was 4.4 zettabyte and as expected to exponentially increase to 44 zettabyte in 2020 [1] due to the widespread informatization of world society. Awareness of the criticality of the situation has led to the emergence and rapid development of new information technology BigData [2-3], as a set of special methods and means of transferring, storing and processing data, the volume of which goes beyond the ability of typical databases.

One of BigData's main objects is texts that are stored, as a rule, in compressed form (archive). There are a lot of algorithms for text compression at this time. Their common point is that they all are based on the redundancy of data. However, it is known that meaningful and counted text has the lowest redundancy among other types of data (graphic, video, audio, etc.). This fact significantly reduces the efficiency of the known methods of text compression. Even more, the data in compressed form is not suitable for their further use, or processing without special deployment procedures to the original state. In this case, the effectiveness of text processing algorithms on the huge volumes of texts often becomes unacceptably small. For example when the spell checker program announces the cessation of the algorithm due to too many errors.

In this paper, we propose to consider the process of compressing and further processing of texts as the combined process in which compression is a pre-processing stage. As a result of pre-processing, the amount of data decreases without loss of information; the structure of information presentation provides the ability to process text without prior "deployment" to the original state and increases the efficiency of the algorithms of processing.

**Idea.** Text is a finite set of sentences consisting of words (in one or another wordform in synthetic languages) over the natural language vocabulary. Word - a finite sequence of letters of the alphabet. The word is the basic semantic sentence unit.

So, the idea is to compress the text by replacing the words with the words of a constant and less length of some code. The corresponding code table can be stored either on the user's computer or in the "cloud" repository.

**Analytic language.** It is known that English belongs to the class of analytic languages [4] and it is one of the most compact languages by the

length of words. Consider the English text as the worst for the proposed compression approach. When using the ASCII table, each letter of the English language takes 1 byte in the computer memory. Thus, the word "Text" will take 4 bytes of memory, and the word "information" - 11 bytes.

Oxford dictionary is one of the most complete and it contains 600 thousand English words [5]. It is easy to get an estimate that it is enough to use only 3 bytes length binary code for compressing English text based on the Oxford Dictionary. So, the words "Text" and "Information" will be replaced by three-byte words, which illustrates the proposed. In this case, the coefficient of compression increases linearly with the increase in the length of the word (Figure 1).

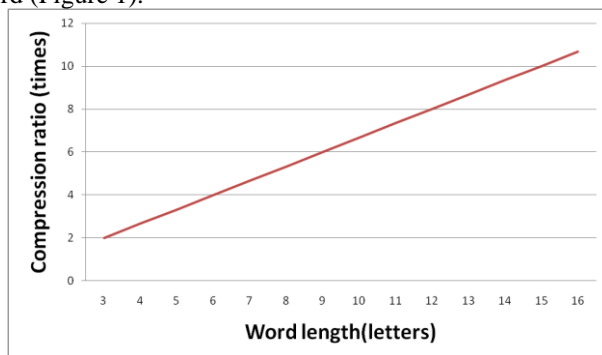


Figure 1 Dependence of the compression coefficient on the length of the word

**Synthetic language.** In synthetic languages, the word is formed by adding suffixes, prefixes, etc. to the root. Consequently, the length of the words of such languages is greater than the words of analytical languages. Synthetic languages include, on their own, Slavic languages, besides Bulgarian. If the average length of the English word is five letters, then, for example, the Ukrainian one is seven. Therefore, for the Ukrainian language and synthetic languages in general, the proposed method will be even more effective than for analytic languages.

The capacity of the basic vocabulary of the Ukrainian language is about 180 thousand words, but the set of all word forms has 3.4 million words [6 - 7]. It is easy to show that for the Ukrainian language over such a dictionary, it is also sufficient to use a code with a constant length of words in three bytes. Each element of 3.4 million words set can be encoded using a 22-bit tuple  $2^{22} = 4\,194\,304$ . The minimum integer of bytes that covers the number of bits is 3 bytes  $3 * 8 = 24$  bits. Consequently, we can encode each word of the Ukrainian language using 3 bytes.

At present, the Unicode table is the most commonly used. It involves allocating two bytes of the computer memory per character of text. Consequently, the proposed method of compression of text with Unicode table of codes will be effective even with the length of the word in 2 letters.

**Comparative research on the effectiveness of text processing algorithms.** One of the basic algorithms for text processing is the word search algorithm in the text. If we consider the entire text as a string of  $N$  single-byte characters, and the length of the word  $M$ , then the signal time is at best  $\sim N - M + 1$ , and in the presence of many partial matches  $\sim N \cdot M$ [8]. When we use a triple code for text compressing, it is natural, that the search efficiency increases, three and nine times for analytic and synthetic languages respectively.

For the task of finding a symbolic substring in a string, a symbolic comparison is required, and even in the most efficient algorithms such as the Knut-Morris-Pratt algorithm, the time-domain asymptotic complexity of the algorithm is  $\sim N \cdot M$ , where  $N$  is the length of the string that is looking for, and  $M$  is the length of the string in which search is being done. This means that at least you need to read and compare each character in the string in which you are looking and each character of the searched string. I.e. it is  $N + M$  comparison operations. If you use the ASCII code table, each letter of the English language in the computer memory is 1 byte. That is, you need to read and compare at least  $N + M$  bytes.

We use 3 bytes for each word to store text in compressed form. The average length of the English word is 5 letters. Consequently, the text string with length  $N + M$  letters contains  $\frac{N+M}{5}$  words on average. The number of bytes for encoding this string by the dictionary method is calculated by the formula (1)

$$(N + M) \cdot \frac{3}{5} \tag{1}$$

where  $N$  – number of characters in a line,  $M$  – the word we are looking for.

It is almost twice less than in uncompressed text. Therefore, to search in the compressed text you need to compare  $\frac{3}{5}$  less bytes.

The experiment of text file archive was made. A software tool that compresses the text proposed by our method is developed. The experiment compared the compression ratio of the file using the ZIP archiver and the software that we have created. The results are shown in Figure 2.

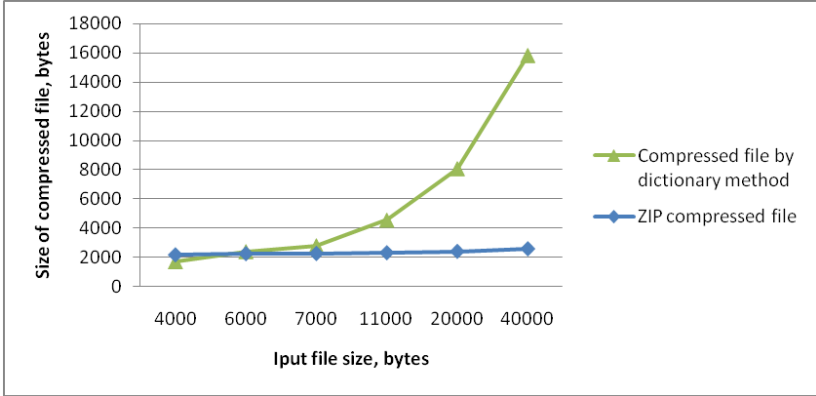


Figure 2 Comparison of compression efficiency of the algorithm ZIP archiver and archiving using the dictionary method

As can be seen from the figure, the method of archiving using the dictionary gives a better result than the ZIP archiver method on files of about 5000 bytes. In addition, the text remains in a form that is suitable for processing, while other ways of archiving the text for its processing require a full unzip - which is an additional cost of computing power.

In order to study the search efficiency of the word in the compressed text, an experiment was performed comparing the speed of searching for the string.IndexOf ("searchs tring") of the C # programming language and the search function in the archived text. The experiment was conducted in the same software and hardware environment for both exploratory search methods. The steps of the experiment were programmed in the C # programming language. In the Ukrainian-language test, the search for the word "Analyst" was performed. In order to create the worst case of a search, searched word was put only at the end of the text.

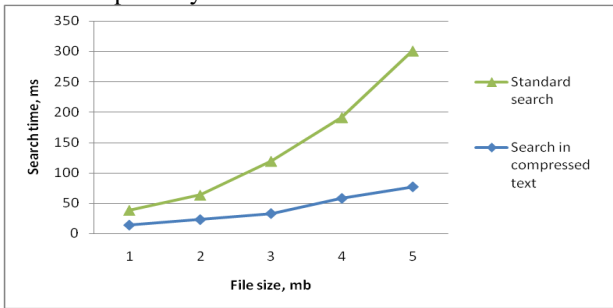


Figure 3 Comparison of search speed in uncompressed and compressed text

The results of the experiment are shown in Fig. 3 As can be seen from the figure - the search in the compressed text is 4 times faster than searching in the expanded text. So, as you can see from the figure, as larger the size of the text in which the search is performed, as greater will be the difference in the search time.

## References

1. The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things. EMC Digital Universe with Research & Analysis by IDC. Access mode: <http://www.emc.com/leadership/digital-universe/2014-iview/index.htm>. April 2014.
2. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity / J. Manyika, M. Chui, B. Brown et al. – May 2011. – Access mode: [www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/dotcom/Insights%20and%20pubs/MGI/Research/Technology%20and%20Innovation/Big%20Data/MGI\\_big\\_data\\_full\\_report.ashx](http://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/dotcom/Insights%20and%20pubs/MGI/Research/Technology%20and%20Innovation/Big%20Data/MGI_big_data_full_report.ashx)
3. Nekotorye programmye sredy analitiki bolshih daniy [Some Big Data analytics software environments] / A.A. Ursatev // Upravlyayushchie sistemy i mashiny. — 2016. — № 3. — С. 29-42. [In Russian].
4. Markus S. Teoretiko-mnozhestvennyye modeli yazykov. [Set-theoretic models of languages] – M.: Nauka. – 1970. – 332 c. [In Russian].
5. Oxford English Dictionary (OED) – Official site. Access mode: <http://www.oed.com/>
6. Parametryzovana baza danykh yak instrument doslidzhennia korpusu tekstiv / O. Zuban // Leksykohrafichnyi biuletен: Zb. nauk. pr. — K.: In-t ukrainskoi movy NAN Ukrainy, 2006. — Vyp. 13. — С. 37-43. [In Ukraine].
7. Tekhnolohichni aspekty realizatsii onlainovoi leksykohrafichnoi systemy „Slovnyky Ukrainy” [ Technological aspects of the implementation of the online lexicographic system "Dictionaries of Ukraine"] / N.M. Sydor-chuk // Problemy prohramuvannia. — 2005. — N 4.— С. 95-105. [In Ukraine].
8. Okulov S. M. Algoritmy obrabotki strok. [String processing algorithms.] — M.: Binom, 2013. — 255 c.



**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СФЕРІ ОСВІТИ**

Л.В. Зінченко

*НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*

**Вступ.** Ми живемо в інформаційному суспільстві, у світі, у якому все змінюється з величезною швидкістю і у якому кожній людині щодня доводиться опрацьовувати великі потоки інформації. Багато процесів автоматизуються, і отримання освіти не виключення. У зв'язку з цим, багато людей втрачають роботу і змушені отримувати ще одну кваліфікацію, і одним із дієвих способів цього є самоосвіта.

Багато людей не тільки перекваліфіковуються, а і паралельно з існуючою роботою прагнуть освоїти ще одне або декілька занять (чи підняти рівень знань в області, що безпосередньо їх торкається). Враховуючи реалії, найлегше це зробити з використанням Інтернету. Втім, для цього не завжди є підходящі ресурси та засоби.

**Метою** роботи є підвищення якості інформування потенційних споживачів та інтелектуалізація процесів надання освітніх послуг шляхом розробки оригінального програмно-алгоритмічного заабезпечення та реалізації його у вигляді спеціалізованої програмної системи.

Досягнення мети базується на розробці оригінальних математичних методів та алгоритмів та їх реалізації у спеціальній системі.

Отже, розглядається постановка задачі, що буде задовольняти потребам сучасного освітнього онлайн-сервісу.

**Математична постановка задачі**

Є множина учителів (менторів), що навчають одному чи декільком предметам; учні подають заявки на вивчення предмету, який відноситься до однієї із областей знань. Таким чином, маємо множини учнів, менторів, предметних областей, заявок на навчання та часові інтервали, в яких ментори доступні для навчання. Перенумеруємо кожен з цих множин.

Введемо ряд позначень:

$P_n$  – множина предметних областей;

$N$  – кількість предметних областей;

$P_m$  – множина менторів;

$M$  – кількість менторів;

$P_s$  – множина учнів;

$S$  – кількість учнів;

$P_r$  – множина заявок від учнів про допомогу;

$R$  – кількість заявок;

$P_i$  – множина часових інтервалів;

$T$  – кількість часових інтервалів.

Отже, до  $k$ -ї предметної області,  $k \in P_n$ , відноситься певна кількість менторів  $m_{kj}$ ,  $j = 1, \dots, M$ ,  $j$  – номер ментора. І навпаки, кожен  $j$ -й ментор може мати відношення до декількох предметних областей із вказанням їх пріоритету у вигляді строго ранжування, унікального для кожної  $k$ -ї предметної області, де максимально можливе значення – це кількість таких предметних областей  $N$ .

Припускається, що раз на добу будуть опрацьовуватися нові заявки учнів про допомогу, що з'явилися за останню добу, а також ті, що були взяті раніше, але не підтвержені учнем та ментором. Учні, що не мають заявок, до розгляду, не братимуться до уваги.

Маємо, що  $i$ -й учень,  $i = 1, \dots, S$ , може створити певну кількість запитів на навчання із певної предметної області.

Позначимо  $v_{ij}$  – коефіцієнт схожості між  $i$ -м учнем та  $j$ -м ментором, значення якого знаходяться в межах  $0 \leq v_{ij} \leq 1$ ,  $i = 1, \dots, S$ ,  $j = 1, \dots, M$ . Тут 1 означає, що ментор та учень максимально схожі за вибором предметної області, 0 – навпаки.

Пронумерувавши предметні області  $j$ -го ментора, отримаємо пріоритет кожної предметної області, що його стосується. Відобразимо ці пріоритети на відрізок  $[0,1]$  так, що 1 означатиме, що дана предметна область являється найвищою за пріоритетом для ментора, а 0 – найнижчою.

Нехай  $w_{kj}$  – коефіцієнт важливості  $k$ -ї предметної області для  $j$ -ого ментора, який буде задовольняти нерівності:

$$0 \leq w_{kj} \leq 1, \quad k = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, M.$$

Використовуючи введені поняття, сформуємо розклад ментора. Подамо обмеження на розклад ментора у вигляді матриці  $Y$  розмірності  $T \times M$ , елемент  $y_{ij}$  якої визначається так:

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо в } t\text{-й часовий інтервал ментор зайнятий,} \\ 0 & \text{– у іншому разі,} \end{cases}$$

де  $t$  – часовий інтервал,  $t = 1, \dots, T$ ,  
 $j$  – номер ментора,  $j = 1, \dots, M$ .

Для подання розв'язку введемо матрицю  $X$ , розмірності  $M \times T$ , елемент  $x_{ij}$  якої визначається так:

$$x_{ij} = \begin{cases} r, & \text{якщо в } t\text{-й часовий інтервал заявка } r \in P_r \text{ призначена } j\text{-му ментору,} \\ -1, & \text{якщо ментор зайнятий в } t\text{-й часовий інтервал,} \\ 0, & \text{в іншому разі} \end{cases}$$

де  $t$  – часовий інтервал,  $t = 1, \dots, T$ ,

$j$  – ментор, підібраний на заявку певного учня в даному варіанті розкладу,  $j = 1, \dots, M$ .

Для матриці  $X$  виконується наступні обмеження.

Одна заявка повинна бути назначена лише один раз одному ментору:

$$\exists t_1, t_2 \in \{1, \dots, T\} : \forall j_1, j_2 \in \{1, \dots, M\}, x_{t_1 j_1} \neq 0 : x_{t_1 j_1} = x_{t_2 j_2}.$$

Кожна заявка повинна бути оброблена:

$$\forall r \in P_r \Rightarrow \exists (t \in \{1, \dots, T\}, j \in \{1, \dots, M\}) : x_{tj} = r.$$

Заявка може бути назначена ментору лише у тому випадку, якщо ментор вільний у період доби, вказаний у заявці про допомогу:

$$\forall y_{ij} \in V, y_{ij} = 0 \Rightarrow \exists (t \in \{1, \dots, T\}, j \in \{1, \dots, M\}) : x_{tj} = r.$$

Опишемо характеристики заявок в матриці  $C$  розмірності  $2 \times R$ . Перший рядок цієї матриці буде містити номери учнів, що подали відповідну заявку. Другий рядок цієї матриці буде визначати предметну область, до якої належить ця заявка. Для спрощення припускаємо, що одна заявка може мати відповідати лише одній предметній області. У подальших дослідженнях ця умова може бути замінена чи розвинена.

Таким чином, маємо такі елементи матриці  $C$ : у стовпчику  $j$  елемент  $c_{1j}$  визначає номер учня, який створив заявку з номером  $j$ , а  $c_{2j}$  – до якої відноситься ця заявка.

Тоді цільову функцію задачі можна буде подати так:

$$F(X) = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^M (\alpha (1 - v_{c_{1,x_{tj}j}}) + (1 - \alpha) (1 - w_{c_{2,x_{tj}j}})) \rightarrow \min,$$

де  $\alpha$  – ваговий коефіцієнт, який балансує фактори схожості і важливості,

$v_{c_{1,x_{tj}j}}$  – коефіцієнт схожості між учнем  $c_{1,x_{tj}j}$  та  $j$ -м ментором,

$w_{c_{2,x_j}j}$  – коефіцієнт важливості предметної області  $c_{2,x_j}$  для  $j$ -го ментора.

**Висновки.** Сформульована оригінальна постановка задачі надання освітніх послуг, в якій не вимагається наявність та аналіз груп і аудиторій, а використовуються такі параметри, як коефіцієнт схожості професій менторів та запитів учнів, а також важливість предметних областей для менторів. Коефіцієнт схожості в цьому випадку замінює ранжування посад, як це описано в постановці [1]. Розроблено математичну модель задачі, яка призвела до спеціальної задачі комбінаторної оптимізації, що визначає актуальність розробки алгоритмів розв’язування, а також дослідження питань їх ефективної реалізації та показників ефективності.

### Література

1. Бойко О.М. Еволюційна теорія розв’язування задачі складання розкладів навчальних занять // Штучний інтелект. – 2006. – № 3. – С. 341-348.
2. Silva M. A. L., Ricardo de Souza S., Souza M. J. F., Bazzan A. L. C. A Reinforcement Learning-based Multi-Agent Framework applied for solving routing and scheduling problems // Expert Systems With Applications. – 2018.

УДК 004.75

## МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОСЕРВІСНОЇ АРХІТЕКТУРИ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ОБ’ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

І.А. Бурмака

*Чернігівський Національний Технологічний Університет*

Активний розвиток інформаційних технологій вимагає масштабної автоматизації та комп’ютеризації інформаційних процесів в розподілених інформаційних системах. Проте часто для автоматизації окремих процесів використовуються окремі програмні модулі та системи, що створює значні складнощі для інтеграції таких сервісів в єдину систему.

Особливо ця проблема стосується об’єктів критичної інфраструктури на такі інформаційні системи накладаються додаткові вимоги щодо надійності, безпеки та розмежування прав доступу.

Рішення для інтеграції

Найбільш поширеними на сьогоднішній день підходами до інтеграції сервісів є Сервіс Орієнтована Архітектура (SOA), Інтеграційна Шина (ESB) та Мікросервісна Архітектура(на основі API або Message Queues). Кожна з цих архітектур має свої ситуаційні переваги та недоліки.

Класичним підходом до інтеграції є використання інтеграційної шини (Enterprise Service Bus) — сполучного програмного забезпечення, що забезпечує централізований та уніфікований, орієнтований на події обмін повідомленнями між різними інформаційними системами на принципах сервіс-орієнтованої архітектури (Рис. 1). Основний принцип сервісної шини — концентрація обміну повідомленнями між різними системами через єдину точку. Таким чином, при заміні будь-якої інформаційної системи, підключеної до шини, немає необхідності в переналаштуванні інших систем [1].

Фактично задачі пов'язані з обробкою і маршрутизацією повідомлень, захищеною та цілісною(за допомогою транзакцій) їх передачею між сервісами, адаптацією повідомлень від сторонніх систем, оркестрою служб перекладаються на ESB.

До недоліків інтеграційної шини можна віднести наявність центрального компонента, що може призвести до значного сповільнення роботи системи при високих навантаженнях. На даний момент від ESB часто відмовляються на користь мікросервісів, оскільки система побудована на мікросервісах є більш гнучкою.

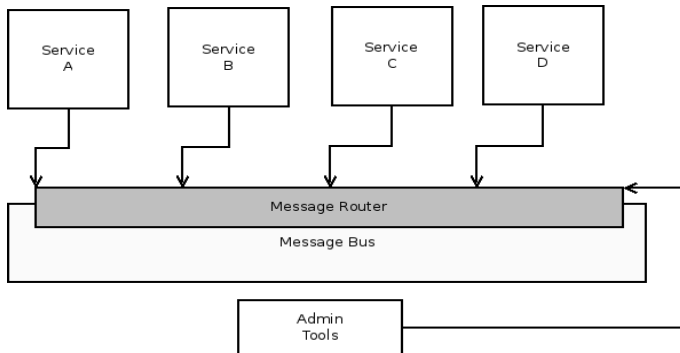


Рис. 1 — Класична архітектура Enterprise Service Bus

Мікросервіси — один з найбільш сучасних архітектурних підходів до інтеграції. Основна ідея мікросервісів в тому, що система поділяється на велику кількість елементарних додатків, при цьому кожен елемента-

рний додаток являє собою мікросервіс, який напряду взаємодіє з іншими мікросервісами за допомогою API з легкими протоколами (Рис.2). Взаємодія з клієнтами зазвичай відбувається через API Gateway.

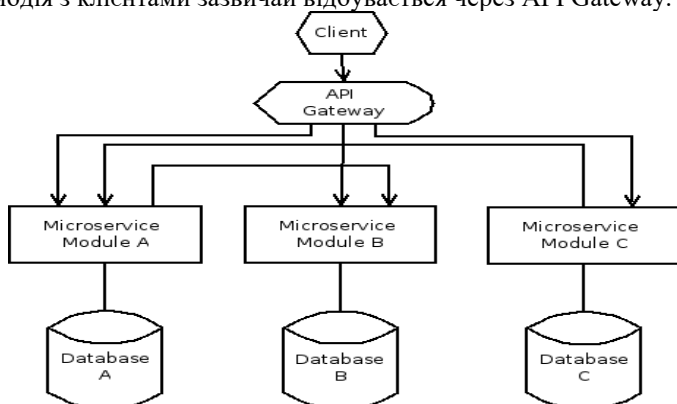


Рис. 2 — Мікросервісна архітектура

До переваг мікросервісів можна віднести більш високу надійність систем побудованих на такій архітектурі. Крім того такий підхід дозволяє пришвидшити процес розробки, оскільки окремі мікросервіси можна відати на розробку окремим командам розробників, при цьому готові мікросервіси можуть використовуватися повторно [2].

Але не дивлячись на велику кількість переваг, мікросервіси мають і достатньо серйозні недоліки — при використанні мікросервісів значно підвищується складність розробки і розгортання. Крім того треба враховувати, що при збільшенні числа компонентів, збільшується і кількість зв'язків між ними, при цьому велика кількість міжкомпонентних зв'язків значно ускладнює систему, при цьому ускладнюється і пошук проблем у випадку їх виявлення. Також при оновленні системи на основі мікросервісів може виникати проблема зміни версій, яка пов'язана зі змінами у форматах зберігання або обробки даних.

У контексті систем для об'єктів критичної інфраструктури слід також враховувати те, що для мікросервісів контролювати права доступу та забезпечувати безпечну передачу даних повинен кожен сервіс, що дозволяє підвищити безпеку системи цілому, оскільки проблема безпеки в одному з компонентів не впливає на безпеку інших.

Мікросервісна архітектура для об'єктів критичної інфраструктури.

Класична мікросервісна архітектура — далеко не найкращий варіант інтеграційної архітектури для об'єктів критичної інфраструктури. Значно оптимальнішою в даному випадку буде мікросервісна архітектура з брокером повідомлень.

В такому випадку замість прямого обміну даними за допомогою API використовується Message Queues. Використання MQ дозволяє підвищити надійність системи, оскільки дозволяє у випадку відмови одного з цільових сервісів автоматично переадресувати повідомлення на аналогічне дзеркало сервісу (Рис.3).

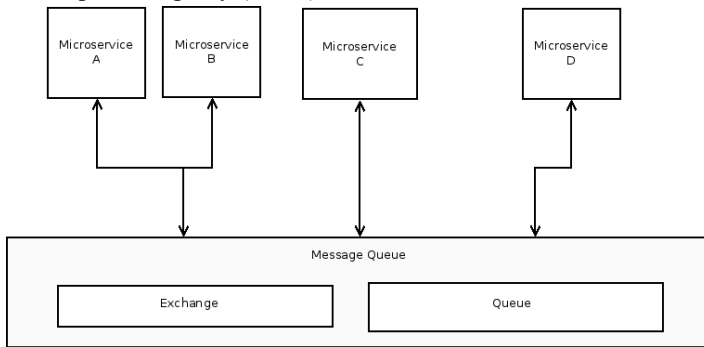


Рис. 3 — Мікросервісна архітектура з брокером повідомлень

Також Message Queues забезпечують асинхронну передачу повідомлень (при надсиланні повідомлення, воно ставиться в чергу, і очікує доступності одного з сервісів який може його обробити) що перекладає задачу гарантованості доставки повідомлення з сервісу на MQ. Також Message Queues система бере на себе відповідальність за масштабування системи і розподілення запитів між дзеркалами [3].

Але слід зазначити, що в такому випадку надійність системи багато в чому залежить від правильного вибору брокера повідомлень.

Одним з найпоширеніших варіантів відкритого брокера повідомлень є RabbitMQ. Особливістю такого брокера є те, що більшість його компонентів побудовані так, що орієнтуються на роботу в режимі реального часу.

При цьому мікросервіси в деяких випадках можуть взаємодіяти і напряму, що дозволяє зменшити час звернення – що є найбільш вигідним варіантом для сервісів, що вимагають постійного і масового обміну даними.

#### Висновки

Аналіз переваг та недоліків різних архітектур інтеграції показав, що для об'єктів критичної інфраструктури найбільш оптимальним вибором

буде мікросервісна архітектура з брокером повідомлень, але при цьому слід враховувати, що переваги такої архітектури проявляються тільки у випадку інтеграції великої кількості програмних продуктів або необхідності масштабування системи при великих навантаженнях. Такий вибір зумовлений тим, що мікросервісна архітектура з брокером повідомлень дозволяє гнучко налаштовуватися під різні протоколи обміну даними та забезпечує високу надійність системи.

### **Література**

1. David Chappell, "Enterprise Service Bus" (O'Reilly: June 2004, ISBN 0-596-00675-6)

2. Taibi, Davide, et al. "Microservices in agile software development: a workshop-based study into issues, advantages, and disadvantages." Proceedings of the XP2017 Scientific Workshops. ACM, 2017.

3. Rostanski, Maciej, Krzysztof Grochla, and Aleksander Seman. "Evaluation of highly available and fault-tolerant middleware clustered architectures using RabbitMQ." 2014 federated conference on computer science and

УДК 004.89

## **DECISION-MAKING INFORMATION SUPPORT FOR ORGANIZING THE MOVEMENT OF MUNICIPAL PASSENGER ELECTRIC TRANSPORT**

I.V. Shostak, A.V. Cherevatenko

Recently, the idea of "smart cities" is gaining popularity in the world. The concept of a "smart city" itself implies the integration of several information and telecommunication technologies with the technology of the Internet of things. As part of this concept, a large number of information models have been developed, focused on the automation of various business processes that take place in the life of cities. In this case, for the implementation of each such model, the same management principles are applied. The concept of a "smart city" gives the greatest effect when it is introduced in megalopolises, since in such cities public utilities, in particular, municipal transport, have a relatively complex structure, which necessitates informatization.

In the Ukrainian megacities such as Kiev, Kharkov, and the Dnipro, a problem with the organization of passenger traffic in land-based municipal electric transport is long overdue. For example, in Kharkov, with a population of approximately one million seven hundred and sixty thousand, the electric



transport network is well developed, although in recent years the tram has been pushed out of the city center due to the appearance of an excessive number of cars. Thus, one of the important tasks in the implementation of the “smart city” concept in Ukrainian cities is to ensure that the functioning of municipal transport is so rhythmic that the occupancy of each vehicle unit would be close to optimal (when all seats are occupied). With acceptable restrictions on the range of movement, which directly determines the waiting time of passengers and, ultimately - the quality of service.

The report discusses one of the possible solutions to the above problem under the following assumptions and limitations:

1 The amount of electricity consumed by rolling stock engines is directly dependent on the workload of the tram or trolleybus;

2 Each tram or trolley bus is equipped with a device for measuring energy consumption, with the possibility of remote monitoring in real time;

3 A GPS sensor will be installed in each unit of rolling stock.

4 Energy consumption data can be converted from analog to digital form;

5 Further, they will be sent to the cloud, where they will be processed and stored;

6 In parallel, the same data will be sent to the dispatcher via tracking monitors;

7 Indication of the utilization of transport units will vary from green (low load) to yellow (medium load) and red (high load)

8 Indicators will be displayed on monitors with route maps as icons of the corresponding color.

9 Based on this data, the dispatcher will decide whether to launch on the route of an additional train or not;

10 Each unit of rolling stock will have a separate indicator.

The world is increasingly used as a means of tracking the location of certain objects, GPS-sensors. So in our case, the use of such devices will give us an increase in efficiency.

In parallel with the transmission of GPS data to the dispatcher’s monitors, it will be possible to track transport from a smartphone, this will allow passengers to assess the situation, calculate time, etc.

On a real example, one of the key tram routes, namely # 12, is considered. The route itself is a message between the Ivanovka stop (Kholodnogorsky district) and the stop Forest Park (Kievsky district), along the following streets: Ivanovka – Bolshaya Panasovskaya str., Losevsky side street, Piskunovsky side street, Rogatinsky driveway, Klochkovskaya str., Klochkovsky declivity, Independence Ave., Trinklera str., Mayakovsky str., Mironositskaya str., Sumskaya str., Belgorod highway - Forest Park. Model

of the tram, which is on this route – Tatra-T3. The length of the route is 10.02 km. Table 1 presents the characteristics of this rolling stock we are interested in.

Table 1 - Characteristics of the rolling stock

<b>Speed characteristics of the wagon</b>	
Estimated speed of the car, km / h	72
Maximum empty wagon speed will be set in a straight horizontal section of the route, km / h	65
Average acceleration of acceleration, m / s <sup>2</sup>	0,6 - 1,8
Average deceleration when the service braking m / s <sup>2</sup>	1,4
The maximum deceleration during emergency braking, m / s <sup>2</sup>	3,5 - 4
<b>Traction motors</b>	
Traction motor type	TE 022
Traction motor power, kW	40
Amount of traction engines	4

On the next page shows the continuation of Table 1.

Continuation of Table 1.

The maximum rotational speed, r / min	3940
Operating voltage, V	300
Weight, kg	320
Contact network rated voltage, V	550
Control circuits voltage, V	24

Based on the above characteristics, it will be possible to calculate the amount of electricity consumed, and thereby obtain data on the occupancy of the train. A similar procedure will be carried out with trolley buses.

An important component of the information and analytical dispatching system of ground-based municipal electric transport (IASDNMET) is the dispatcher's interface system, since this system, being a dialog box by its nature, is designed to support the decision-making of a dispatcher on the organization of land municipal electric transport.

In the course of the research, a model was developed to support decision-making by the tramway-trolleybus management for the rational organization of traffic.

In order to substantiate the choice of platform for creating IASDNMET, a comparative analysis of various cloud services was conducted. Table 2 presents the benchmarking data.

Table 2 – Comparative analysis of cloud services.

<b>Vendor</b>	<b>Strengths</b>	<b>Weaknesses</b>
<b>Amazon Web Services</b>	Dominant market position	Difficult to use
	Extensive, mature offerings	Cost management
	Extensive training	Problems at the stage of verification of the phone number
	Global reach	
<b>Microsoft Azure</b>	Second largest provider	Issues with documentation
	Integration with Microsoft tools and software	Incomplete management tooling
	Broad feature set	
	Hybrid cloud	
Support for open source		
<b>Google Cloud Platform</b>	Designed for cloud-native businesses	Late entrant to IaaS market
	Commitment to open source and portability	Fewer features and services
	Deep discounts and flexible contracts	Historically not as enterprise focused
	DevOps expertise	

Based on the results of the analysis, the most appropriate cloud service for implementing IASDNMET is Microsoft Azure.

In the future, the solutions described above can be used to develop a full-scale IASDNMET, which will cover all routes, and will occupy its segment in the “Smart City” concept.

### **Literature**

1 I.V. Spirin Passenger transportation by urban transport. Moscow: Akademkniga, 2004. 413 p.

2 Tariq Ellahi, Benoit Hudzia, Hui Li, Maik A. Lindner и Philip Robinson The Enterprise Cloud Computing Paradigm 2011. 108 p.

## QA WITH SIMULATION OF REAL-TIME NETWORK ENVIRONMENTS FOR COSTS SAVING

John N. Davies<sup>1</sup>, Mariya Verovko<sup>2</sup>, Alina Posadska<sup>3</sup>, Iryna Solomakha<sup>4</sup>

*1 Creative and Applied Research for the Digital Society (CARDS),*

*Glyndŵr University, Wrexham, UK*

*2 AgileVision sp. z o.o., Krakow, Poland*

*3 Andersen Ltd., Chernihiv, Ukraine,*

*4 Dept. of [Entrepreneurship and Trade](#), Chernihiv National University of Technology, Ukraine*

Software development process has gained a lot of changes during last years. The best practices of it are constantly modified. New experience produces new improvements, which helps to prevent error previously met.

Increasing significance of QA process is one of the main trend of modern software development process. This is a reasonable outcome of many years practice of implementation of stable high-quality applications. There is a well-known fact that application quality significantly impacts its cost. There is a well-known axiom about error costs: "While costs vary by project and environment, the costs to fix defects follow what has come to be known as the "1:10:100" rule" [1]. In other words - the cost of each defect becomes 10 times higher at the next stage of product life-cycle. Considering the fact that identification of each defect at development stage produces valuable costs saving, it's completely clear why good QA process is so important stage of modern software development.

The problems, produced by real-time network environment, are typically identified in a last production stage and their fixes will costs hundreds times detection at the initial stage. At the same time if a bug is detected and fixed in a traditional test phase it will be 10 times cheaper.

The most frequent problems that appear in a real environment are problems due to network operation. There is no user, who doesn't meet problems in operation of applications, which require network resources in real-time mode.

Poor network operation causes problems during resources loading, slow data processing and data loss. All this factors impact software operation. In case when the software didn't work as expected user actions can be significantly different from a typical scenario, expected by a software producer. Often it is a reason for unexpected user actions (e.g. clicks), which can lead to system breaks, instability.

To identify user actions, performed in case of unstable software operation, a number of tests have been performed. Table 1 describes the number of redundant clicks made by the person until the resources are loaded.

Table 1. The number of redundant clicks without pending elements.

Type of Content	0-4s	5-6s	7-10s	10-15s	>15s
Styles (css)	23%	56%	88%	95%	97%
Data blocks (text, news etc.)	13%	47%	78%	94%	96%
Forms	18%	78%	92%	95%	96%
Animation	<1%	<1%	<1 %	<1 %	<1%
Graphs, videos	12%	38%	43%	54%	56%
Navigation	20%	66%	91%	94%	96%

Provided numbers show, that user can produce large number of unexpected actions, which can lead to system failure.

Unfortunately, software developers can't impact network operation of each end user. This is the reason why QA should performs additional testing with different network settings to find bottle necks of the application, before it would be delivered to a potential user. Such vulnerabilities can be closed by special loading elements, which prevents user actions while data processing.

One more set of the experiments have been conducted using same application, but with temporary presence of pending elements. Obtained results can be seen in Table 2.

Table 2 The number of redundant clicks with pending elements.

Type of Content	0-4s	5-6s	7-10s	10-15s	>15s
Styles (css)	3%	36%	92%	94%	98%
Data blocks (text, news etc.)	4%	27%	93%	94%	97%
Forms	<1%	15%	72%	91%	98%
Graphs, videos	3%	8%	41%	52%	57%
Navigation	4%	25%	91%	95%	97%
User Profile	3%	12%	53%	61%	67%

There is a valuable difference between numbers, obtained for a short time terms. So it can be concluded that presence of pending elements significantly

impact on users' actions. A number of redundant actions are match lower in case of small time delay.

The definition of potential software vulnerabilities due poor network operation is one of the most important tasks of modern QA.

The importance of the QA has been significantly increased. This leads to a question - how much resources should be spent on QA.

Figure 1 shows the Software Test Costs and Return on Investment (ROI) proportions [2].

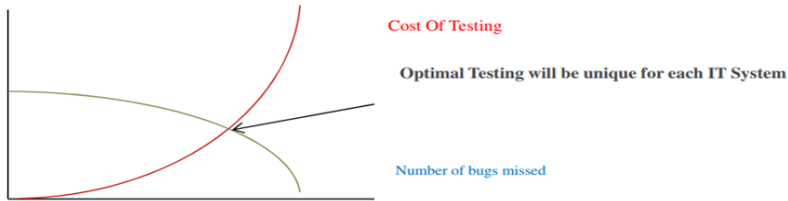


Fig. 1. Software Test Costs and Return on Investment (ROI)

Based on the presented graph the conclusion can be made that there is no one universal scenario. However there are some general data, provided on different resources. The most common data provided in the books is that QA takes 30% of all product implementation process. At the same time most modern companies (e.g. Microsoft) prefer working using 1:1 ratio between QA and development (i.e. QA takes 50% of whole software development lifecycle). The results obtained from automated estimation models, available in the Internet, typically vary from 20 to 50% depending on project complexity.

Table 3 contains result of survey based around the question “How much time spent on testing in comparison to the whole software development life cycle” [3].

Table 3. Time spent on testing in comparison to the whole software development life cycle

Question Response Option	% of Respondents
< 30%	28%
30% - 50%	48.6%
50% - 75%	14%
75% -100%	7%
Other (please specify)	3.75%

The obtained results supports current trend to spend more resources on QA as a way to increase stability of a system and prevent possible loses because of defects and errors.

## References

1. Randall Rice, Achieving Software Quality Using Defect Filters (2019) [Online]. - Available: <https://www.riceconsulting.com/home/index.php/Defect-Management/achieving-software-quality-using-defect-filters.html>. Accessed 18/04/2019.
2. Software Test Costs and Return on Investment (ROI) Issues Bob Hunt, Galorath Tony Abolfotouh, John Carpenter; Robbins Gioia March 2014 <http://www.iceaaonline.com/ready/wp-content/uploads/2014/03/Software-Test-Cost-and-ROI-Galorath-Feb-14-Hunt.pdf>
3. Ifriede Dustin, Thom Garret and Dernie Gauf (2009), Implementing Automated Software Testing: How to Save Time and Lower Costs While Raising Quality, Addison-Wesley Professional; 1 edition, ISBN-13: 978-0321580511, 368p.
4. M. Cinque et al.: "On the Impact of Debugging on Software Reliability Growth Analysis: A Case Study", ICCSA (5) 2014: 461-475, LNCS.
5. Roger Pressman (2014), Software Engineering: A Practitioner's Approach, McGraw Hill, ISBN 13-978-0-07-802212-8.
6. Arne Buthmann (2018) [Online]. - Available: <https://www.isixsigma.com/implementation/financial-analysis/cost-quality-not-only-failure-costs/> Accessed 10/04/2019.
7. John N. Davies, Mariya Verovko , Alina Posadska: "Simulation of network operation issues in QA process", Mathematical modeling and simulation of systems. MODS 2018: Thesis of reports of the Thirteenth International Scientific and Practical Conference (Chernihiv, June 25-29, 2018) / Ministry of Education and Science of Ukraine, National Academy of Sciences of Ukraine. Acad Sciences of Ukraine, Academy of Technological Sciences of Ukraine, Engineering Academy of Ukraine, etc. - Chernihiv: CNUT, 2018. – 281-284 p.

## **Recursive technologies of multilevel structures modelling by means of the Visual Prolog language on the example of the task of completing of products**

P.G. Demidov, K.O. Palahuta

*Kyiv National University of Trade and Economics, Ukraine*

One of the typical tasks encountered in the designing of intelligent systems is modelling of the multilevel structures for solving various applied problems. Such structures are characterized by the variable amount of levels in the hierarchy and the amount of elements in every level depending on one or another object of the calculation; by a repeatability of the procedures which are carried out in the processing of the elements of every level of this hierarchy; by their significant size and complexity of the implementation of the procedures that leads to the considerable spending of resources and, as a result, to the searching for the effective methods of their presentation and processing in the machine memory.

Calculation tasks based on such structures can be solved by implementing traditional branched and cyclical processes using the appropriate standard programming language operators (iterative programs). But involving of the recursive procedures in such calculations significantly changes the computing technology which is typical for the methods of artificial intelligence and ultimately can cause the additional positive results, such as simplification and universality of the algorithms.

A lot of workings and publications are devoted to the recursive computing technologies and programming [1,3,4,5,7,8,9,10]. Historically, these technologies were developing on the basis of two important paradigms – the functional programming and the logical one. The functional programming began with the creation and realization of the Lisp language, and the logical one – with the Prolog language. An important feature of these languages is the focus not on the numerical processing, but on the character one. Therefore, data structures, which are supported by these languages, are not limited by the arrays. Lists are the basic structure of data which are maintained both by the Lisp language and by the Prolog one [3].

Let us further consider the problem of modeling multilevel structures on the example of solving the problem of breaking up the structure of complex products, also sometimes defined as the problem of a product mix. The essence of this task is to determine the quantitative inclusion of components and elements in the product, has a multi-level structure.



The complexity of this task allows to try various automatized solutions: approaches, methods and programming technologies. In the case of implementation of these solutions by a lot of methods, later it is possible to conduct a comparative analysis and define the abilities of the applied approaches.

Let us consider the solution of the component problem based on the one hand application of simple procedures using procedural and object-oriented language technologies (Pascal, C, C ++, etc.) And on the other hand, recursive procedures and the declarative Visual Prolog language.

We will base on two approaches, which have the features of two relevant methodologies and are historically famous:

solving the task of the building component products, proposed by O.B. Biletsky and V.S. Mykhailov [2];

solving the component task by the Prolog language, proposed by S. Ceri, G. Gottlob, L. Tanka [10].

The explosion algorithm is performed in several stages [10].

At the first stage, data shown in the graph are placed according to the spreadsheets “Plan”, “Catalogue” and “Input”.

At the second stage, the  $i^{th}$  record of the  $j^{th}$  tier is read from the catalogue, and  $s^{th}$  address of a bigger brother is determined from this record.

At the third step, the transition to the “Input” table to the  $s^{th}$  record of the bigger brother is carried out, the input is defined and after that is multiplied on the product value in the “Plan” table. The result should be written in the “Norm” table.

At the fourth stage, the transition to the brothers records is fulfilled, and the same to the third stage actions are performed.

At the fifth step, formed data in the “Norm” table are sorted, and, if it is necessary, summing up the values of requisites with the same identifiers is implemented.

At the sixth step, data of the “Norm” table is transferred to the “Plan” table. Then, actions in accordance with the 1-5 steps are carried out.

To implement this algorithm, it is enough to use simple procedures with the variables and arrays determination, and to use the assignment, branching, and cycles operators.

The second approach to solve this problem contains a significantly simpler information base, which consists of two tables. At the same time, the task is slightly expanding. Using the second table makes it possible to calculate the total cost of the components.

Note that the book contains a request for the execution of this program and the result of its work. It seems that it is a well-established and working program. But with a more thorough consideration of it, there are doubts about

its performance, regardless of the developed qualitative structure, determined at a high level of recursive procedures, their content and implementation.

Here are some errors and problems:

- a lot of typos;
- more significantly, the built-in predicate Findall requires a task in it of one input variable or structure for the formation of a list, but in the program three variables of the various types are used;
- indefinite domains and predicates, but in the version of the Prolog system in which the program was then developed, it might not have been necessary to do it. In today's conditions, in particular, in the Visual Prolog environment, the program will not work and therefore there is a need for its refinement;
- the program partially determines the ways of propulsion the algorithm on the tree components nodes, and when moving in the opposite direction from the leaves-nodes to the root node are generally not defined resulting in the wrong answer;
- when propulsing the algorithm on the node tree components, the size of the ancestor node in some cases is not calculated at all, which also leads to an incorrect answer.

The authors of the program have corrected the following errors. For the correct organization of the Findall operator, the domains component object `strukt3 = struk3 (prod, kol, priz)`, in which its elements respectively determine the value of the component name, quantity and attribute, are either simple or complex. Based on this object, the list-object `list3` and the CL variable were created. The program also uses the composite object `strukt2 = struk2 (prod, kol)` and the `list2` object list. This object is used in the defining of variables for the formation and placement of output data in the lists of IL, FL and others.

To form a list of nodes for advancing the component tree, the `conv` predicate (CL, STV, STECV) was created, which performs the concatenation of a part of the list of unprocessed specific top-level nodes STV and a list of certain nodes of the lower level CL formed by a special Findall predicate.

To calculate the component weights (as the product of the number of components of the current node and the components of the ancestor nodes) two `gorp` predicates (FACTOR, CL, ITOG) and `cong` (STG, ITOG, STECG) were created, the first of which generates a list of nodes horizontally at the current level and calculates their weights are in the ITOG variable, and the second adds the ITOG list to the main STG list.

Considered two approaches to the solution of the problems of components indicate their relevance and the need to use in solving the problems of this class. In the first case, the information base requires more advance

preparation. The algorithm of the solution and the program built on its basis is based on a larger number of arrays, increases the memory expenses for their preservation and complicates the development and debugging of the program. But at the same time, from the point of view of the ease of perception of the work of the program, it increases its value. In the second case, the high power of the Visual Prolog language allows you to form concise programs of high expressiveness. The power of Visual Prolog is particularly evident in the tasks of processing hierarchical and multi-layered structures.

### **Literature**

1. Adamenko A. Logic programming and Visual Prolog / A.N. Adamenko, A.M. Kuchkov - SPb.: BHV - Petersburg, 2003. - 992 p.
2. Biletsky O.B. Organizational and technological foundations of the ICS in construction / O.B. Biletsky, V.S. Mikhailov. - K.: Budivelnik, 1983. - 120 p.
3. Bondarev V.N. Artificial Intelligence: A Textbook for Universities / V.N. Bondarev, F.G. Ada.- Sevastopol: Publishing House of SevNTU, 2002. - 615 p.
4. Bratko, I. Prolog. Programming for Artificial Intelligence. London, United Kingdom: «Addison Wesley», 637 (2004).
5. Glybovets M.M. Artificial intelligence: Textbook for higher education institutions / M.M. Glybovets, O.V. Oletsky - K: Publishing House "KM Academia", 2002.- 366 p.
6. Kavun S.V. Artificial Intelligence Systems: Tutorial/ S.V. Kavun, V.M. Korotchenko - Kharkiv: KhNEU, 2007.- 320 p.
7. Lytvyn V.V. Intelligent Systems: Textbook / V.V. Lytvyn, V.V. Pasichnyk, Y.V. Yatsishyn -Lviv: Novyi Svit, 2009. – 406 p.
8. Russel, S.G., & Norvig, P. Artificial Intelligence. A modern approach. New Jersey, USA: «Upper Saddle River», 1408 (2006).
9. Luger, G.F. Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving. London, United Kingdom: «Addison Wesley», 863 (2008).
10. Ceri, S., Gottlob, G, Tanca, L. Logic Programming and Databases (Surveys in Computer Science) Softcover reprint of the original 1st ed, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (1990).

## **SEMANTIC MODELS IN THE DESIGN OF INTELLIGENT SYSTEMS**

I.M.Domanetska<sup>1</sup>, Y.O.Khrolenko<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine*

*<sup>2</sup> National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

One of the characteristic features the current computer science state is the presence of a huge variety of methods, paradigms, principles, methods of organizing information processing. Currently, there are several approaches to the design of applied information systems, various types of languages for knowledge representation and processing have been developed, for example, frame languages, production systems, semantic networks, etc.

Many information system developers consider the approach to the representation of knowledge in the form of homogeneous semantic networks to be one of the most promising. This is due, firstly, to the clarity and external simplicity of the description of information, secondly, the provision of the ability to describe and process knowledge of a complex structure, and thirdly, convenience for describing the principles of cooperative interaction.

In papers [1-3], the application and development of semantic networks at a qualitatively new level was proposed. The models of information processing called graph-dynamic parallel asynchronous models are proposed. The main features of the models under consideration are: representation of the processed information in the form of non-linear structures; structural adjustment of the system of relations between the memory elements during the processing of information structures stored in this memory (graph-dynamic nature of the representation); associativity, i.e. use of an associative method of access to the required fragments of the processed information; concurrency; asynchrony; the ability to process information using high-level operations. It is easy to see that the above these models properties are closely related to each other and are the complete opposite of the properties of the classical von Neumann models of information processing that form the basis of a family of traditional computers. The properties of classic models include: the linear nature of the processed information structures, the linear nature of the relationship between memory elements and the structurally fixed nature of changes in the state of memory; the address method of access to the required fragments of the processed information, which is based on a fixed, i.e. unchanged in the processing of information, one-to-one correspondence

between the set of memory elements and the set of their names (identifiers) - such names (for which natural numbers are usually used) are called addresses of memory elements; consistent processing; synchronous, i.e. based on centralized management, the nature of the organization of information processing; low level of information processing operations.

The most important approach to the study of organizing information processing various ways in modern systems is the study of the corresponding formal (abstract) models. Consider the relationship of the graph-dynamic models of knowledge processing with known classes of knowledge representation models, which include network models of knowledge representation, logical, frame, production models.

It should be noted that the knowledge representation's network models, in which knowledge is presented in the form of semantic networks arranged in one way or another, are directly related to the graph-dynamic models of knowledge processing, because the semantic network is a particular form of graph construction.

The basis of frame models of knowledge representation is the system-structural interpretation of the described domain, in which the subject domain is considered as a set of interrelated subsystems, each of which is described in the form of the corresponding frame. The links between frames can be very different, in particular, they can have a rather complex hierarchical structure. Graph structures are a convenient means of representing frame structures; therefore, frame models are often considered a special case of network structures. The corresponding knowledge representation languages can be conventionally called graph frame knowledge representation languages.

Graph-dynamic models of information processing are also in good agreement with logical models, since in these models nothing prohibits the use of graph constructions as processed information structures. In particular, nothing prohibits the construction of so-called graph-logical languages that underlie the graph-dynamic logical models of knowledge representation and processing. In these graph type logical languages, logical statements (logical formulas) are presented not in the form of symbolic constructions, as in known logical languages, but in the form of graph constructions.

Graph-dynamic paradigm is the only possible basis for the formal consideration and implementation of knowledge's parallel processing. This is due to the fact that parallel processing of knowledge is always the simultaneous processing of various and unpredictable fragments of this knowledge and the simultaneous implementation of several strategies for solving the same task at once. Any fragment of the processed knowledge cannot be separated from this knowledge in such a way that this fragment has no connection with the rest of the knowledge. Such a connection, in

particular, can be carried out through the names (identifiers) assigned to various objects of the knowledge presented. This property of knowledge can be called its connectivity or integrity. From this property, it follows that during the processing of each piece of knowledge, in general, not only the internal structure of this piece, but also its external relations (including meta links), with the rest of the knowledge being processed, may unpredictably change. That is, when processing each piece of knowledge, in general, it is necessary to take into account not only its internal structure, but also its context (immediate environment). With the sequential processing of any knowledge, there is no need to talk about different fragments of this knowledge — at any given time, all the processed knowledge can be considered as a processed fragment. With parallel processing of knowledge, the picture changes, because you have to talk about simultaneously processed fragments of this knowledge. At the same time, the processing of these fragments can interact with each other due to the connectedness of knowledge - during the processing of one fragment, its external relations can also change, which are directly included in the composition of another simultaneously processed fragment. Thus, the knowledge's parallel processing is the interaction of simultaneously running local processes, each of which carries out the processing of a certain piece of knowledge. Moreover, the interaction of these local processes is carried out on the basis of an analysis of the external relations of each fragment. Consequently, for the organization of parallel processing knowledge is necessary. 1) an explicit representation of various relations between potentially processed pieces of knowledge and 2) support for the possibility of changing these relations. It is obvious that the graph-dynamic paradigm of processing knowledge meets these requirements.

The graph-dynamic paradigm is also the only possible basis for the developed forms of associative access to the information stored in the memory. As it is known, without developed forms of associative access to the required fragments of the processed complexly structured information, having an arbitrary size, arbitrary configuration and arbitrary “linking” to the rest of the stored information, it is impossible to implement the most promising models of parallel processing of the complexly structured information - asynchronous models. Thus, the advantages of the graph-dynamic models of information processing compared to other types of information processing models (character models) are as follows:

- easily support advanced forms of associative access;
- easily support parallel and asynchronous implementation of operations;
- easier to integrate, since the initial integration of information structures graph-dynamic integrated models can be reduced to the simple bonding of

some elements integrated graph designs while fully maintaining these structures;

- are easily interpreted by each other, because thanks to associative access, it is easy to ensure the independence of programs describing the methods of implementing the interpreted model operations from the data they process. from the initial information construction of the interpreted model;

- in the graph-dynamic models, the work with complexly structured information of any degree of complexity is easily supported.

Promising areas of application of the proposed models are all those applications where it is necessary to operate with complex structured knowledge, where the use of complex models for solving problems is required, where a high level of flexibility of systems is needed, where there are serious time constraints. Examples of such applications are:

- subsystems of natural-language interface, for the creation of which hierarchical complex-structured linguistic knowledge bases are needed, the processing of which must be carried out in real time;

- intelligent learning and training systems, semantic electronic tutorials, semantic web-sites;

- distributed intelligent systems, multi-agent intelligent systems, intelligent systems for complex automation of organizations, virtual organizations, intelligent systems for managing corporate knowledge;

- intelligent protection system of information resources open corporate systems;

- intelligent decision support systems in the face of time constraints;

- intelligent control systems of complex objects;

- intelligent system to support the design of complex objects

## References

1. Golenkov V.V., Gulyakina N.A. The open semantic technology project of component design of intelligent systems. Part 1: principles of creation. [electronic source] <https://cyberleninka.ru/article/n/proekt-otkrytoy-semanticheskoy-tehnologii-komponentnogo-proektirovaniya-intellektualnyh-sistem-chast-1-printsipy-sozdaniya>

2. Golenkov V.V., Gulyakina N.A., Davydenko I.T., Shunkevich D.V. (2019) Semantic technologies for designing intelligent systems and semantic associative computers. Proceedings BSUIR, No3 (121), 42-50.

3. Gulyakina N.A. ; Davydenko I.T. Development of knowledge bases of intellectual systems using the OSTIS semantic technology. [electronic source] <https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/> Development of knowledge bases.PDF

## МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Ю.М. Лисецкий,  
ДП «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА»

Построение высокопроизводительных центров обработки данных (ЦОД) – один из самых эффективных способов консолидации вычислительных ресурсов обработки и средств хранения данных [1, 2]. Традиционной моделью построения ЦОД является трехуровневая модель, которая включает в себя уровни ядра, агрегации и доступа (рис. 1). Данная модель сформировалась, когда потоки трафика данных в ЦОД были еще незначительными.

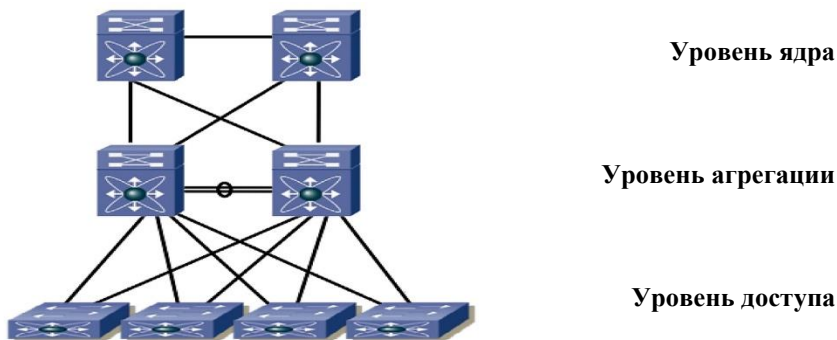


Рисунок 1 – Трехуровневая модель построения ЦОД

Уровень ядра обеспечивает быструю пересылку пакетов в направлениях от и до ЦОД. Он является точкой соединения всех агрегационных узлов, обеспечивает маршрутизацию между ЦОД модулем и основным ядром корпоративной сети.

Уровень агрегации является точкой объединения трафика всех серверных ресурсов, подключенных к уровню доступа. Он выполняет такую важнейшую функцию, как интеграция сервисного модуля, где применяются ключевые сервисы для транзитного потока данных.

Уровень доступа представляет собой место физического подключения серверных ресурсов в ЦОД. Как правило, для построения уровня доступа используются модели Top of Rack и End of Row. В модели Top of Rack для каждого серверного шкафа ставится небольшой коммутатор



доступа фиксированной или модульной конфигурации. При этом сервера соединяются медными кабелями с соответствующими коммутаторами. Коммутаторы доступа соединяются оптическими каналами связи с уровнем агрегации. В модели End of Row используются модульные коммутаторы уровня доступа, которые находятся в шкафах, куда средствами структурированной кабельной системы (СКС) коммутируются все соединения с серверами. Между серверами и коммутаторами доступа используются медные соединения, между коммутаторами доступа и коммутаторами агрегации – оптические соединения.

При построении сетевой инфраструктуры ЦОД украинских предприятий и организаций, как правило, применяют двухуровневую модель. В такой модели в качестве ядра сетевой инфраструктуры ЦОД используется ядро корпоративной сети. Двухуровневая модель удешевляет стоимость построения ЦОД, но при этом ограничивает возможности по масштабированию информационно-технологической инфраструктуры в случае использования предприятием нескольких ЦОД.

В последние годы наблюдается активное развитие инновационных технологий для ЦОД. Так, например, компания Cisco Systems выпустила серию коммутаторов Nexus, позволяющих реализовать новую модель построения уровня доступа – Distributed Access Fabric (DAF). Основное отличие этой модели заключается в построении единой распределенной фабрики коммутации для уровней доступа и агрегации. Коммутаторы уровня доступа выступают как модули, управляемые коммутатором агрегации. Основные преимущества модели DAF:

- единая управляющая компонента для коммутаторов уровня доступа и агрегации;
- единая унифицированная коммутационная фабрика, позволяющая передавать как IP-данные, так и Fiber Channel данные в направлении Storage Area Network (SAN);
- значительное расширение коммутационной матрицы по сравнению с моделями Cisco Catalyst 6500 серии;
- упрощение топологии СКС и уменьшение стоимости ее построения;
- возможность решения проблемы разделения зон ответственности между SAN администраторами и администраторами IP-сети.

Еще одной инновацией компании Cisco Systems в области виртуализации ЦОД является использование технологии Virtual Switching System (VSS) на базе коммутаторов Catalyst 6500. Данная технология совместно с Spanning Tree Protocol (STP) дает возможность логически объединить два шасси в одно, что позволяет получить общую контрольную компоненту и общую матрицу коммутации (рис. 2).

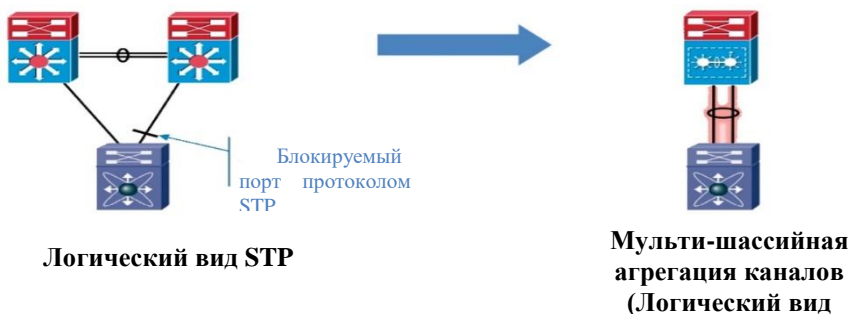


Рисунок 2 – Схема STP с использованием VSS-технологии

Такой подход имеет следующие преимущества:

- объединение распределенного L2 домена, позволяющее строить Etherchannel между уровнями ядра и агрегации;
- обеспечение быстрой сходимости сети в случае выхода из строя одного из шасси, модуля шасси;
- возможность построения общей контрольной компоненты для обоих шасси, что значительно облегчает администрирование сети.

Компания Juniper Networks выпустила серию межсетевых экранов (МСЭ) SRX, которые позволяют решить одну из главных проблем ЦОД – увеличение производительности МСЭ. Данное семейство МСЭ обеспечивает производительность до 120 Gbps и Intrusion Detection System до 30 Gbps.

Построение виртуального шасси на основе коммутаторов Juniper EX 4200 серии позволяет упростить топологию СКС за счет уменьшения количества соединений между уровнем доступа и уровнем агрегации, а также создать единую коммутационную матрицу и контрольную компоненту между группой коммутаторов различной конфигурации (до 10 коммутаторов). Данное решение можно использовать как для Top of Rack, так и для End of Row моделей уровня доступа.

В модели Top of Rack, строится кольцо между коммутаторами каждого из шкафов. Расстояние между двумя соединяющимися коммутаторами не должно превышать 5 метров. Для построения Virtual chassis между несколькими рядами используются дополнительные uplink модули или Ethernet порты в соответствующем режиме.

В модели End of Row коммутаторы, образующие Virtual chassis, размещаются в одном шкафу и соединяются между собой daisy-chained способом. Серверные шкафы соединяются с коммутационными шкафами с помощью СКС. Такой вариант является более масштабируемым и гибким с точки зрения наращивания производительности и увеличения количества шкафов в ЦОД.

Некоторые производители вместо традиционной трехуровневой модели построения ЦОД используют собственные модели. Так, например, компания Extreme Networks предлагает Direct-Attach модель, которая позволяет уменьшить количество уровней за счет подключения blade серверов напрямую к коммутатору агрегации, укомплектованному модулями с большим количеством портов. Использование такой модели предъявляет определенные требования к матрице коммутации, и Extreme Networks обеспечивает их выполнение средствами коммутаторов BlackDiamond 8900 серии. Основное преимущество применения Direct-Attach модели заключается в использовании модулями в шасси коммутатора MRJ21 технологии, позволяющей объединить 6 Ethernet кабелей в один и тем самым упростить топологию СКС в случае отсутствия Top of Rack или Blade коммутаторов.

Таким образом, рассмотрены традиционная трехуровневая модель построения ЦОД, двухуровневая, а также модели Distributed Access Fabric и Direct-Attach, компаний Cisco Systems и Extreme Networks, их особенности, преимущества и недостатки.

### **Литература**

1. Гоменюк А.Р., Сопенко С.И. Строим центр обработки данных. *Корпоративные системы*. 2007. № 5. С. 6 – 11.
2. Лисецкий Ю.М., Бобров А.И. Опыт построения корпоративного центра обработки данных национального масштаба. *Математичні машини і системи*. 2008. № 6. С. 82–88.
3. Принцип работы протокола STP. URL: <https://habr.com/ru/post/419491/>.

## **СИНТЕЗАТОР МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ КІБЕРАТАК**

Голуб С.В., Михайлик О.М.

*Інститут проблем математики, машин і систем, Україна*

У статті розглянуто принцип синтезу та аналізу вхідних моделей поведінки для загроз синтезатору та методи моделювання процесів кібератаки. Створені моделі синтезатора, що аналізують кіберзагрози, які надходять в мережу аналізуються датчиками, встановленими на заздалегідь запланованих вузлах, званих пастками [3]. Методологія полегшує інтеграцію передових систем інформаційної безпеки у новостворених ІТ-технологіях, разом з вирішенням основних завдань, вирішує проблему інформаційної безпеки і є відносно стійкою до кібер-атак і про-

гнозованих параметрів класу, що їх характеризують. Результати методології відображені як у кількісному, так і в якісному вигляді, що не суперечить основним положенням теорії складних систем. Щоб отримати найбільш ефективні результати, розроблювана система інструментів збирається в бібліотеку і через неї ініціює підсистеми управління (модульну систему) запобігання кіберзагрозам [2].

Виходячи з відомого підходу до побудови методологій [1], на основі дослідження пропонується методологія створення інструментів для моделей синтезаторів і методів моделювання процесів кібератаки з використанням бази даних алгоритми синтезу моделей:

1. Визначення сукупності станів системи інформаційної безпеки.
2. Вибір стратегій кіберзахисту (нейронна мережа, алгоритм методу групового розгляду аргументів тощо).
3. Оптимізація стратегій кіберзахисту та оцінка безпеки.
4. Прогнозування розвитку динаміки процесу кібератаки.
5. Оптимізація ресурсів кіберзахисту та оцінка безпеки.
6. Оцінка ефективності системи інформаційної безпеки.

### **Література**

1. Гайвороновський М. В. Безпека інформаційно-комунікаційних систем / М. В. Гайвороновський, О. М. Новіков. Для заг. уч. Національної академії наук М. З. Згуровський. - К.: Видавнича група БХВ, 2009. - 608 с.
2. Голубенко О. Л. Політика безпеки / О. Л. Голубенко, В. О. Хорошко, О. С. Петров та ін. - Луганськ: ЛНУ ім. В. Даль, 2009 - 376 с.
3. Корченко, О. Г. Система інформаційної безпеки: монографія / О. Г. Корченко. - К.: НАУ, 2004. - 264 с.

УДК 378.146

## **ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАГІНУ ОЦІНКИ КОМПЕТЕНЦІЙ НА БАЗІ ПЛАТФОРМИ MOODLE З ВИКОРИСТАННЯМ ER- ДІАГРАМ**

О.В. Черноіван, О.В. Трунова

*Чернігівський національний технологічний університет*

До того, щоб більше людей могли отримати вищу освіту ВУЗи все частіше звертаються до систем електронного та дистанційного навчання. Але на жаль на даний момент ці системи не задовольняють усім вимоги, які ставить перед ними впровадження компетентісного підходу.

Тому однією з нагальних проблем сучасних ВНЗ є організація процесу оцінювання компетенцій, з використанням автоматизованих систем і ресурсів ВНЗ.

При переході від проектування алгоритмів до реалізації розширення функціоналу оцінювання компетенцій на основі платформи Moodle слід спочатку дослідити які дані зберігаються в БД. У процесі роботи з компетенціями система електронного навчання Moodle зберігає у БД цілу групу таблиць. Усі вони у своїй назві містять префікс “competency\_” (competency\_usercourse, competency\_framework і т.д.). Для кращого розуміння структури даних розглянемо ER-діаграми ключових таблиць, які можна використовувати при розробці.

Серед усієї множини таблиць платформи Moodle для реалізації нового способу оцінювання компетенцій були вибрані наступні: competency\_usercourse; competency; course; user [1].

Як бачимо з таблиці competency можна отримати основну інформацію про компетенцію (див. рис 1): назва, опис.

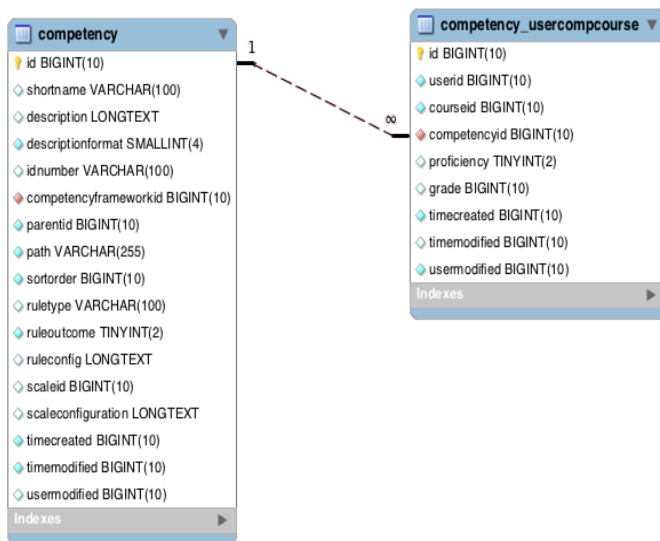


Рис. 1. ER-діаграма частини групи таблиць competency

Таблиця competency\_usercourse утворює зв'язок компетенції з курсом, у якому можна отримати цю компетенцію, з користувачем, який отримує компетенцію, та зберігає статус компетенції завершення (так/ні).

Щоб користувач міг переглянути свою повну карту компетенцій по курсам, необхідно мати деяку інформацію про курс. Такі дані має група таблиць “course”. А для перегляду статусу компетенцій, на приклад групи знадобиться отримати дані про користувачів. У цьому допоможе група таблиць “user” [2]



Рис. 2. ER-діаграми таблиць course та user

В результаті проєктування і розробки, ми отримаємо плагін для СДН Moodle, який значно полегшить перегляд списку компетенцій, які отримав студент та надасть можливість відображення його повної карти компетенцій. Отже, система Moodle надає дуже широкі можливості для розширення та кастомізації свого функціоналу.

### Література:

1. Moodle 3.5 documentation. [Електронний ресурс] URL: <http://www.examulator.com/er/components/competency.html> (дата звернення 10.05.2019)
2. Moodle 3.5 documentation. [Електронний ресурс] URL: <http://www.examulator.com/er/components/course.html> (дата звернення 10.05.2019)

## **FORMALIZATION METHOD OF THE FIRST LEVEL VARIABLES IN THE AUDIT SYSTEMS IT**

T.V. Neskorodieva

*Donetsk national University named Vasyl Stus, Ukraine*

Currently, the actual scientific and technical problem of information technologies in the financial and economic sphere is the automation of analyzing large amounts of financial and economic information of enterprises stored and received online in databases of local and global computer systems in order to formulate recommendations in audit.

Designing DSS IT in accordance with the method of generalized-multiple information display proposed in [1] requires the creation of a method for formalizing primary accounting information for the automated solving of audit tasks of prerequisites of account Provisions (standards). The first stage of the method creating is setting two types of local tasks of data analysis during the verification period [2]. The first local subtask is the definition of equivalent and nonequivalent subsets when displaying data sets of operations among which are correspondence relations for accounting objects of one type. The second one is the definition of equivalent and nonequivalent subsets when displaying accounting data for sets of two types of objects for which there are correspondence relations for operations of one type.

To formulate a method for solving local problems, it is necessary to formulate a method for the variables formalizing of the first level of economic and production activities that are invariant with respect to the features of operation and accounting of the enterprise. For this it is necessary to solve the following tasks.

create rules for determining correspondence between first-level accounting variables and characteristics of objects, operations, and correspondence relations between them;

form the rules for determining the input and output variables of local tasks.

In order of generality, the method is considered for the audit subsystem of the accounting rule "Completeness" for material expenses on first level, since, due to the dimensionality of the data, the types of relationships between them and the number of elementary primary accounting subsystems (PAS) is the most common and time-consuming task.

**Rules for determining the correspondence between first level variables and the characteristics of objects, operations, and correspondence**

**relations between them.** These rules will be defined on the basis of the formalization of objects, operations and two type of the relations in the graphs of type  $G_1$  and  $G_2$  :

$$G_1(e_s) = (V_1(e_s), R_1(e_s)), V_1(e_s) = (x_s, x_{s+1}, e_s), \quad (1)$$

$$R_1(e_s) = (r_s^+, r_s^-(n_{s+1})), e_s(n_s) \in E_s, \quad (2)$$

$$G_2(x_{s+1}) = (V_2(x_{s+1}), R_2(x_{s+1})), V_2(x_{s+1}) = (e_s, x_{s+1}, e_{s+1}), \quad (3)$$

$$R_2(x_{s+1}) = (r_{s+1}^-(n_{s+1}), r_{s+1}^+(n_{s+1})), x_{s+1}(n_{s+1}) \in X_{s+1}, \quad (4)$$

where

$G_1$  – graph of data correspondence relations of the interrelated operations to data of accounting object,

$V_1$  – set of graph vertices  $G_1$ ,

$R_1$  – set of graph edges  $G_1$ ,

$G_2$  – graph of data correspondence relations of the interrelated objects to the operation,

$V_2$  – set of graph vertices  $G_2$ ,

$R_2$  – set of graph edges  $G_2$ ,

$e$  – vertex characterizing data of the accounting object,

$s$  – type of the accounting object, which increase,

$x$  – vertex characterizing the operation data,

$k$  – number of the operations,

$r^+$  – the edge characterizing the operation compliance relation to the increasing of the accounting object,

$r^-$  – the edge characterizing the operation compliance relation to the reduction of the accounting object,

$n$  – number of the primary accounting subsystem.

For the account of the characteristics of each object  $e_s$  on first level forms the primary subsystem, which is determined by the number  $n_s$  and the date of the creation. Also, in this subsystem are specified the characteristics of all elements of the graph of type  $G_2$ , the vertex of which is the given object. Moreover, due to the existence of interrelations between these characteristics, one variable can be a characteristic of several objects (duality of the values of variables). Therefore, to formulate a method for formalizing the variables



of the selected subtasks, we define a set of vectors of the subsystem variables in accordance with the structure of the graph of type  $G_2$ , which is invariant with respect to the features of functioning and accounting of the enterprise and takes into account the duality of the values of variables:

$$V(n_s) = \left\{ \overline{e_s}, \overline{x_s}, \overline{r_s^+}, \overline{r_{s-1}^-}, \overline{e_{s-1}}, \overline{n_s}, data \right\}, s = \overline{1,4}, \quad (5)$$

where

$V$  – subsystem variable set,

$s$  – accounting object type variable,

$n$  – subsystem variable number,

$\overline{e_s}$  and  $\overline{e_{s-1}}$  – characteristics vectors of vertices  $e_s$  and  $e_{s-1}$  of the graph  $G_2$  respectively,

$\overline{x_s}$  – characteristics vector of the vertex  $x_s$  of the graph  $G_2$ ,

$\overline{r_s^+}$  и  $\overline{r_{s-1}^-}$  – characteristics vectors of the edge  $r_s^+$  и  $r_{s-1}^-$  of the graph  $G_2$  respectively,

$data$  – date of creation subsystem.

**Rules for determining variables of local subtask.** Let's perform the formalization of the variables of the first subtask. The vector of the input variables is formed by the indicators of operations from the set of variables of the subsystem  $V(n_s)$  (5), which in the graph of type  $G_1$  correspond to increase of the objects of the set  $E_s$  and indicators of their compliance:

$$\overline{X} = \left( \left( \overline{n_s}, \overline{r_s^+}, \overline{x_s}(n_s), data(n_s) \right), n_s \in N_s \right). \quad (6)$$

The vector of the output variables is formed by the indicators of operations from the set of variables of the subsystem  $V(n_{s+1})$  (5), which in the graph of type  $G_1$  correspond to reductions of the objects of the set  $E_s$  and indicators of their compliance:

$$\overline{Y} = \left( \left( \overline{n_{s+1}}, \overline{r_s^-}, \overline{x_{s+1}}(n_{s+1}), data(n_{s+1}) \right), n_{s+1} \in N_{s+1} \right). \quad (7)$$

**Conclusion.** The proposed method of the variable formalization is invariant with respect to the characteristics of the enterprise, the type of accounting object, the type of accounting transaction and the relationship between them. It is common for two types of local sub-tasks of the audit subsystem. This allows to use this method to create tools for the account of the special features of the enterprise at the stages of solving two local subtasks regarding these objects and accounting operations of any kind. This technique is an element of the methodology for formalizing information in audit systems.

### References

1. Neskorođeva T: V. Rules and components of a generalized-multiple information display method in the express analysis subsystem of the audit decision support system. Bulletin of the NTU "KhPI". Series: System Analysis, Management and Information Technology. 2017. Vol. 55, No. 1276: – P. 31–38 (2017).
2. Neskorođeva, T. V: Formulation of elementary tasks of audit subsystems of accounting provisions precondition in IT decision support system // Advanced Information Systems. 2019. Vol. 3, No. 1 – P. 48–53. doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.08.

УДК 303.732.4:681.518.5

## MODELLING OF COMPLEX TECHNICAL OBJECT OPERATION AS PHYSICAL MODEL FOR CYBER-PHYSICAL SYSTEM

N.D. Pankratova, V.A. Pankratov  
*Institute for Applied System Analysis,  
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute*

Modelling of complex technical object (CTO) operation as physical model for cyber-physical system (CPS) is considered, Modelling is based on the general problem of multi-factor risks, the margin of permissible risk, the prediction of the destabilizing dynamics of risk factors, principles, hypotheses, axioms that are directly related to the analysis of abnormal situations, accidents and disasters. CPS is a complex system consisting of various natural objects, artificial subsystems and controllers, which allow us to represent such combination as a single whole [1]. CPS ensures close communication and coordination between computational and physical resources, which demand the creation of two types of models. On the one hand, these are engineering models, and on the other, computer models. The

role of modeling in the engineering of cyber-physical systems is considered in [2]. The future development of society is associated with the creation of the Internet of Things, which will allow creating dynamic networks consisting of billions and trillions of such things, communicating among themselves. This will ensure a fusion of the digital and physical worlds, for which applications, services, middleware components and end devices are things [3].

This paper focuses on the engineering model in which computational elements interact with sensors, providing performance monitoring and maintenance of the technical system. The attempt is made to improve the quality of the survivability and safety of CTO operation, taking into account the concept, features and properties of cyber-physical systems. Modelling of a CTO is realised on the basis of set of principles, hypotheses, axioms, methods and techniques; a system of sensors at critical points of a physical system that is providing of the data in the course of operation, and a computational system that brings the data to a single format; data analysis software that allows to carry out the further control of physical elements.

The existing diagnosing technologies are oriented at exposure of failures at early stages before the appearance of serious malfunctioning in a certain place and class [4–6]. The approach for diagnosing the technical state of a system before a failure, taking into account uncertainties related to the fault's time, location, and class is considered in [7]. The issues of designing and creating complex anthropogenic systems which satisfy the required level of guaranteed quality (reliability, durability and safety) under conditions of incompleteness of the original information for forecasting technical systems' conditions are investigated in [8].

The proposed model is based in the replacement of the typical principle of detection of the operability state turning into the inoperability state based on detection of failures, malfunctioning, faults of an object by a qualitatively new principle. The essence of the proposed principle is the timely identification and elimination of the causes of the undesirable events occurrence and the prevention of the transition from normal to an abnormal mode. The strategy of this principle is based on the system analysis of multifactor risks of abnormal situations, a credible estimation of the margin of permissible risk for different modes of operation of a CTO, and a forecast of the main operability indicators of an object during the assigned operating period [9].

We point out a number of fundamentally important peculiarities of the formulated problem:

- sets of risk factors and sets of situations are largely unlimited;
- a threshold restriction of time for decision forming is a top priority;

- the problem is not completely formalized;
- indicators of a multifactor risk estimation are not determinate;
- criteria of a multipurpose risk minimization are not determinate;
- a set of risk situations is in principle not a complete group of random events.

Indeed, the problem is presented in a generalized statement that gives a decision maker some freedom in adapting it to practical needs in a specific subject domain by concrete definition of the aforementioned indicators and criteria. In the general case of risk factors  $\rho_q$  includes risk degree  $\eta_i$  as the probability of occurrence of undesirable consequences of the influence of any risk factors at any point in time  $T_i \in T^\pm$  in the process of CTS functioning; risk level  $W_i$  as the size of damage caused by the influence of any risk factors at any point in time  $T_i \in T^\pm$  and margin of permissible risk  $T_o$  as the duration of complex system functioning period in a certain mode when the risk degree and risk level will not exceed the a priori assigned permissible values under the possible influence of risk factors.

Based on the decomposition principle, the general problem of an analysis of the multifactor risk is represented as a sequence of the following system of coordinated, informationally interconnected problems [10]:

- System multifactor classification of revealed and predicted risk situations;
- System multifactor recognition of revealed and predicted risk situations;
- System multicriterion ranking of situations;
- Multipurpose risk minimization of a predicted set of abnormal situations;
- Rational multipurpose optimization of informedness level in recognition of abnormal situations in the process of a complex system's functioning;
  - Rational coordination of margin of permissible risk of a predicted set of abnormal situations;
  - Definition of a rational informedness level at the threshold time limitation in the process of a complex system's functioning;
  - System estimation of margin of permissible risk under the dynamics of abnormal mode.

The diagnostic unit, which is the basis of ensuring of survivability and safety of complex technical objects functioning, is developed as the information platform of engineering diagnostics [11] that contains the following modules:

- acquisition and processing of the initial information during the CTO operation;
- recovery of functional dependences from empirical discrete samples;

- quantization of the discrete numerical values;
- identification of sensors failure;
- timely diagnosis of abnormal situations;
- forecast of no stationary processes;
- generation of the process of engineering diagnostics.

At any time of the CTO operation a user has the ability to look at the operator scoreboard, which displays a series of indicators that reflects the character of the state of CTO functioning. These indicators include the state of the system, the risk of the damage, the causes of the abnormal or emergency mode, as well as the indicator of the danger level of the system operation and possible failure of sensors.

The proposed strategy of systemic coordination of survivability and safety for technical system's operation is one of the physical models of cyber-physical systems. The proposed strategy for the operation of the CTO ensures the survivability and safety of the system by the timely detection of abnormal situations, the assessment of their degree and level of risk, and the determination of the margin of acceptable risk in the process of forming decisions on operational actions.

Combining a number of similar models into a single network, where each physical element is assigned its digital analogue, will allow online to carry out a rational distribution of the required resources among different consumers. To solve this problem, it is necessary to develop computational processes, take into account the heterogeneity of data obtained from various applications and devices, develop models and methods for collecting, storing and processing large data, analyze the results obtained for timely making decisions.

It is believed that cyber-physical systems can really make people's lives easier and improve its level, therefore many large companies are now taking a course on their development.

## References

1. Tsvetkov. V.Ya. Cyber physical systems // Int. J.Applied and Fundamental Research. 6–1, 2017. – P. 64–65.
2. Edward A. Lee. Fundamental Limits of Cyber-Physical Systems Modeling //ACM Transactions on Cyber-Physical Systems, 1(1), November, 2016.
3. Chernyak. L. The Internet of Things: New Challenges and New Technologies. Open Systems. DBMS. 4, 2013. – P. 14–18.
4. Sy-Ruen Huang, Kuo-Hua Huang, Kuei-Hsiang Chao, Wei-Tseng Chiang. Fault analysis and diagnosis system for induction motors //Computers and Electrical Engineering, Vol.54, 2016. – P. 195–209.
5. Pennacchi. P., Vania. A. Diagnostics of a crack in a load coupling of a gas turbine using the machine model and the analysis of the shaft vibrations // Int.J.

Mechanical Systems and Signal Processing, vol. 22, № 5, 2008. – P. 1157–1178.

6. K.Chao, W Chiang, S. Huang, K Huang. Fault analysis and diagnosis system for induction motors. //Computers & Electrical Engineering, No 54, 2016.

7. Kulik. A.S., Luchenko. O.A., Firsov S.N. Algorithmic providing of the diagnostics modules and restore functionality satellite orientation and stabilization system //Int.J. Radio electronics, informatics, control. Vol.1, 2012. – P. 112–122.

8. Kotelnikov. V.G., Lepesh. G.V., Martyschenko. L.A. System analysis of quality and reliability of complex anthropogenic complexes // Int.J. Technical and technological problems of service. Vol.4, No.2, 2013. – P. 35–41.

9. Pankratova. N.D. System strategy for guaranteed safety of complex engineering systems // Int.J. Cybernetics and Systems Analysis, Vol.46, No. 2, 2010. – P. 243–251.

10. Pankratova, N.D. The integrated system of safety and survivability complex technical objects operation in conditions of uncertainty and multifactor risks //Proceedings of conference IEEE. Is.50. Kyiv, Ukraine, 2017. – P. 1135–1140.

11. Pankratova, N.D., Radjuk, A.N. Guaranteed safety operation of complex engineering systems // Continuous and Distributed System, Theory and Application. Springer, 2014. – P. 313–326.

UDC 004.056.53

## **MODIFICATION FOR THE INTEGRITY ANALYSIS METHOD OF THE FPGA PROGRAM CODE**

K.V. Zashcholkin, O.V. Drozd, O.M. Ivanova, R.O. Shaporin  
*Odessa National Polytechnic University*

The paper deals with the problem of ensuring the integrity [1] of the FPGA chips program code (Field Programmable Gate Array) [2]. Integrity can be achieved: a) by physical limitation of access to the program code; b) by monitoring (analyzing) the integrity of the program code. A key feature of the programmable devices (to which FPGA chips belong) is the ability to modify their operation by modifying their program code. Under these conditions, restrictions on access to program code are not an effective means of ensuring integrity. This paper addresses the problem of ensuring integrity by performing its (integrity) monitoring.

Traditionally, integrity monitoring is based on the use of additional monitoring data, allowing making conclusions about the integrity of the code. The most widely used in practice are approaches to monitoring the integrity of program code using hash sums. One of the effective approaches to monitoring integrity is the embedding of a monitoring hash sum into the information object of the program code in the form of a digital watermark [3]. This approach hides from the external observer the very fact that integrity

monitoring is carried out. The embedding of the digital watermark does not change the size of the information object of the program code and does not modify the operation of the programmable device. Digital watermark has such properties due to the fact that its embedding is performed using special equivalent conversions for elements of the program code.

To perform integrity monitoring using a digital watermark, it is necessary to ensure the recovery of the initial state of the information object of the program code (the state that the information object had before embedding the digital watermark into it). For this recovering, a lossless compression-based approach [4] is used. From the set of elements of an information object, according to some rule, a subset of elements is selected that are located along the embedding path. The values of the elements along the embedding path form a bit sequence – target bits. The sequence of target bits is compressed using a lossless compression method. A monitoring hash sum is appended to the compressed sequence. These data in the form of a digital watermark are embedded in the place of the target bits.

With this approach, most of the digital watermark volume is used to store the compressed initial state of the target bits. For the monitoring hash sum, only a small part of the digital watermark volume is allocated.

This paper proposes a method of integrity monitoring, which has all the positive properties of methods based on compression. However, the proposed method allows the use of the entire available volume of digital watermark to store the hash sum.

We propose to ensure the recovery of the initial state of the information object in the following way. By equivalent conversions (the same ones that are used when embedding a digital watermark), the target bits are brought to the specified initial state. The principle of such bringing is stored in one of the components of the steganographic key (the secret key that sets the rules for embedding and extracting a digital watermark). Because the bringing of the target bits to the initial state is performed using equivalent conversions, the operation of the FPGA-based device does not change. If it is necessary to recover the initial state of the information object, the values of the target bits are again brought (to initial state) in accordance with the rule stored in the steganographic key.

The digital watermark in the proposed method contains only a monitoring hash sum. Therefore, there is no need to store the initial state of the information object in a digital watermark. This makes it possible to use hash sums of a larger size than those provided by compression-based methods.

The paper presents the basic theoretical principles of the proposed method. The sequence of actions that form the proposed method is also shown. The paper describes an experiment in which the proposed method is

compared with traditional methods (compression-based methods). The results of the experiment showed the effectiveness of the proposed method in terms of increasing the effective volume (intended for storing the monitoring hash sum) of a digital watermark.

### **Literature**

1. Habli, I., Hawkins, R., Kelly, T.: Software safety: relating software assurance and software integrity. *International Journal of Critical Computer-Based Systems* 1(4), 364–383 (2010).
2. Drozd, A., Drozd, M., Kuznietsov, M.: Use of Natural LUT Redundancy to Improve Trustworthiness of FPGA Design. *CEUR Workshop Proceedings* 1614, 322–331 (2016).
3. Shih, F.: *Digital Watermarking and Steganography: Fundamentals and Techniques*. 2nd edn. CRC Press, USA, Boca Raton (2017).
4. Zashcholkin, K., Ivanova, O.: The control technology of integrity and legitimacy of LUT-oriented information object usage by self-recovering digital watermark. *CEUR Workshop Proceedings* 1356, 498–506 (2015).

UDC 519.816

## **METHOD FOR SEARCHING OF AN OPTIMAL SCENARIO OF IMPACT IN COGNITIVE MAPS DURING INFORMATION OPERATIONS RECOGNITION**

O.V. Dmytrenko<sup>1</sup>, D.V. Lande<sup>1,2</sup>, O.V. Andriichuk<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Institute for Information Recording of National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine*

<sup>2</sup>*National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine*

In this paper, we consider cognitive maps as an additional tool for building a knowledge base of the DSS. Here we present the problem of choosing the optimal scenario of the impact between nodes in the cognitive maps based on of the introduced criteria for the optimality of the impact. Two criteria for the optimality of the impact, which are called the force of impact and the speed of implementation of the scenario, are considered. To obtain a unique solution of the problem, a multi-criterial assessment of the received scenarios using the Pareto principle was applied. Based on the criteria of a force of impact and the speed of implementation of the scenario, the choice of the optimal scenario of impact was justified. The results and advantages of the proposed approach in comparison with the Kosko model are presented. Also



we calculate rank distribution of nodes according to the degree of their impact on each other to reveal key and the most influential components of the cognitive map that corresponds some subject domain.

UDC 004.896

## **CASE-BASED MODELLING OF DATA AND KNOWLEDGE**

V.Sheketa, M.Chesanovsky, T.Styslo, Y.Romanyshyn, L.Poteriailo  
*National Tech.University of Oil&Gas,Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Case-based reasoning techniques are one of the most advanced in the artificial intelligence, since they allows to effectively combine the very basic types of basic concepts for methods of reasoning and methods of machine learning for problem solving based on previous experience in the form of case scenarios [1]. An important indicator of the success for the applications of this class is the presence in the subject domain of some complex problems whose solutions necessarily requires past experience, and without such a clear expression of expert-oriented experience, it is impossible to construct a solution if it is to seek a reasonable decision-making with the maximum validation and verification of this process in general and in particular.In the field of intelligent systems, the adoption of reasoning method based on precedents is a way to effectively incorporate existing expert experience in the decision-making process. From this point of view this methodology is an integral part of the methodology for the processes of constructing *knowledge-oriented* systems.

This is the way of effective adaptation of past experience to the solution of new problems. In turn, the solution to the new problems allows to generate some experience that will substantially increase the intelligence of the systems. Thus, in the initial approximation, the essence of the methodology can be reduced to *machine learning* in the process of solving new problems. In order to solve selected subject domain problem, we need some minimal set of knowledge (in the knowledge base), at the same time, by solving certain problem, we perform the updating of the knowledge base through introducing of new consistent inputs in the form of expanded knowledge entities for the entire area of application. The ability of the system to address correspondingly new relevant problems or even entire classes of mostly relevant problems gives a substantial boost to the system expertise at whole.

Forming in this sequence the process of building knowledge-oriented systems, it should be kept in mind that the structure of knowledge should not

only describe the signature of the relevant cases, but also describe the processes of displaying elements of data-systems that are not in line with the concept of knowledge which form the corresponding past experience of an expert, to perform the calculation of the corresponding levels of similarity, determine the appropriate ways of adapting the correct and satisfactory solutions for the selected problems through possible modification of its parameters values at the level of their predefined ranges.

Therefore, by the analogy with the human expert, it can be argued, that the system should work out a certain or some basic number of cases that can be regarded as basic ones respectively, in order to obtain some minimum level of "qualifications" in terms of human experts. Thus, for each subject area, some basic cases can be identified, which can also be interpreted as typical, most common ones. At the knowledge base level for the cases base, we will obtain some core of knowledge base that can form its set of inertia in the process of expected *modifications*. An important fact, understandable from the general theory of knowledge bases, is that such basic inputs can be made immediately without the need for training systems on some real set of cases. And such the case-entry will be immediately guaranteed to be true. From the point of view of artificial intelligence, it will also be an important fact that such initialization of the system in such a way will set the basic gradation and the corresponding scenarios of its reasonable behavior by the solution of the problems in the subject area, where the unexplored part of the problem would be the combination of the case-based methodology reflections with the specifications of the theory of imposing and satisfaction of constraints.

Proceeding from the given problem (technological problem in the field of drilling of oil and gas wells), the relevant methodology of reasoning should be used in order to be able to retrieve the past similar cases for the purpose of repeated or *modified* use of it for a *new* solution for the current problems (for example, the choice of *drilling mode: forced, optimal, rational, etc.*). Formally we would have for some *generic* solution like  $Sol(TP)$  a further explication of the form  $Sol(TP)|Case_i$  or  $Sol(TP)|Case_j^{mod}$ , where  $i, j \in N$ . Consider the issue of constructing the signature for typical case in the subject area of *oil and gas wells drilling*. To do this, let's consider the sequence of technological parameters which do describe the technological process: controlled parameters (*tcp*-parameters), uncontrolled parameters (*ucp*-parameters), disturbing parameters (*dcp*-parameters) and output results parameters (*ocp*-parameters). The initial signature matrix will look like this:

$$Sig^{init} = \begin{pmatrix} tcp_1, & tcp_2, & \dots, & tcp_{n_1} \\ ucp_1, & ucp_2, & \dots, & ucp_{n_2} \\ dcp_1, & dcp_2, & \dots, & dcp_{n_3} \\ \hline ocp_1, & ocp_2, & \dots, & ocp_{n_4} \end{pmatrix}.$$

For the cases with constraints, it is clear, that the natural formalization is the approach of constraints satisfaction problem :  $(X, D, C)$ , where  $X$  – set of variables,  $D$  – set of domains,  $C$  – set of constraints. It is also clear that there is need for control specifications over the whole technological process run out, and more specifically for its certain states –  $TP.State^i$ ,  $i \in N$ . Moreover, each technological parameter from the initial signature matrix  $TP_i = \{tcp_{i_1}, ucp_{i_2}, dcp_{i_3}, ocp_{i_4}\}$ , where, respectively,  $i_1 \in [1; n_1]$ ,  $i_2 \in [1; n_2]$ ,  $i_3 \in [1; n_3]$ ,  $i_4 \in [1; n_4]$  for  $n_1, n_2, n_3, n_4 \in N$  will accept the corresponding values from the sets that belong to a certain domain and will have an appropriate results for the output parameters with given constraints in the form of sets, systems and hierarchies.

Lets consider probabilistic models for case-based reasoning, which will be determined by a given set of variables (parameters) of the form  $\langle tp_1, \dots, tp_n \rangle$ . Accordingly, each case  $\overline{case}_i$  will be some instance in the form of substitution of the relevant values. For such variables (parameters) we will have a representation of the form  $\overline{case}_i = \left( \underbrace{tp_1 = v_1, \dots, tp_n = v_n}_{n} \right)$ .

Thus, all potential actions can be arranged accordingly to their expediency, and the system will select the corresponding action with the maximum expediency from all available.

In addition, the description of the case may also include the results of the decision instantiation, that is, the fact whether such an instance gives the desired result or not. That is, under the most general schedule the case will be represented by some type of tuple  $\langle TP, Sol, Out.tp \rangle$ , where  $TP$  – actually a technological problem,  $Sol$  – expected solution of a problem,  $Out.tp$  – expected results.

Of course, it is clear that, as in the case of other types of *artificial intelligence* systems, the most difficult to implement will be cases of inclusion of text and graphic data (in image form), since their processing itself requires complex algorithms and solutions, and in many contexts such

algorithms may not exist in the perfect cataloged form . An important task is also the presentation of the case components at the semantic level. This requires a clear separation between the features of the objects, the objects themselves and the relational objects as such. *Such features* can be considered as attributes (parameters) –value pairs  $(TP_i, V_i)$  – that is, they are actually descriptions of the properties that are highlighted as key ones in this context. At the same time, the attributes are defined in the network semantic dictionary. The variables are related to the attributes and therefore they (variables) are either numeric, or redefined and specified in the dictionary. Thus, objects with attributes are grouped in the form of more complex data to ensure the functionality of reflection routine at a higher level. Consequently, when it comes to enriching the knowledge representations by means of relational objects, then, obviously, a certain type of relational representation will be obtained. At the same time, all components of the case from the tuple  $\langle TP, Sol, Out, tp \rangle$  can, respectively, be represented either by properties or objects, or by relational objects in the order to *uphold* the *knowledge model* required in the domain of application.

Therefore, the main task for modeling is to present the influence of the initialization of the *control parameters* on the expected state of the instantiation of the *output parameters*. However, this task is significantly complicated by two factors: 1) the effect of each particular input parameter on the sequence of the output parameters or on one particular, specific output parameter, does depends on the set values of the other input parameters; 2) the set of input parameters can be divided into subsets and singletons (of selected parameters) of dependent(from the other input parameters), independent and free parameters.

The main objective is to construct generalized case studies and prototype cases. In particular, the use of prototypes will greatly enhance the process of extracting cases and extend its functionality. All components can be sorted into groups, and thus cases will be represented by corresponding objects. Representation in the form of relational objects, as a rule, will require visualization in the form of a tree or graph.

The different number of labels in such cases is quite natural, given the level of complexity and uncertainty that we are dealing with in the subject area of *oil and gas wells drilling*, where the processes are characterized as non-reproducible, that are running under conditions of uncertainty, fuzziness and incompleteness

Thus, the resulted formal-algorithmic implementation of case *data and knowledge models* for the drilling process underlies the simulations of the

corresponding typical *industrial field drilling cases* that gives a broad way to generalizations.

## References

1. Sheketa V.I., Pikh V.Y., Styslo T.R., Chesanovsky M.S. Modeling methodology for knowledge-based systems of wells drilling control. Perspective technologies and methods in MEMS design (MemsTech'2017). XIIIth International Conference (Lviv–Polyana, 20–23 th April 2017). Lviv, 2017. P. 56–58.

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ НАГРУЗОЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА БАЗУ ДАННЫХ

А.М. Хошаба, В.В. Литвинов

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины*

*Национальный технологический университет, Чернигов, Украина*

### Введение

В последнее время, особенно актуальным является обязательное нагрузочное тестирование как основного из подэтапов жизненного цикла разработки программного обеспечения. Также, группы QA и инженеров по повышению производительности вычислительных систем (ВС) планируют выполнять тесты с большой нагрузкой на сервере и на более поздних этапах цикла разработки. Это способствует выявлению проблем с производительностью веб-сайтов, приложений и API. Для этого, тестировщики используют одни и те же сценарии тестирования в локальном и серверном режимах выполнения. Кроме того, традиционная интерпретация результатов теста производительности была трудной в любое время. Изучение влияния нагрузки на результаты потока запросов облегчает понимание всех результатов тестирования системы. Таким образом, пользователи могут быстро находить и устранять проблемы с производительностью компьютера. Тестирование производительности ВС - это особая форма тестирования программного обеспечения, которая фокусируется на том, как система работает и восстанавливается под определенной нагрузкой. Тестирование производительности не ищет программные ошибки или дефекты. Тестирование производительности должно использовать справочные сценарии, стандарты и программные средства. В результате тестирования производительности ВС предоставляется диагностическая информация, необходимая для выявления и устранения узких мест в компьютерной системе.

## Анализ исследований и публикаций

На практике проводятся различные исследования ([1] - [8]) влияния потоков запросов к базе данных. Известно, что есть много факторов, которые оказывают значительное влияние на запросы к базе данных. К таким факторам относятся [1] наличие разработанного аппаратного и программного обеспечения ВС, высокий уровень параллелизма, блокировка механизма хранения данных (блокировка таблиц и строк). Так, в работе [1] также отмечается, что эти показатели, которые полезны для поиска запросов, больше всего влияют на время отклика приложения или наиболее нагружают сервер.

В других статьях ([2] - [4]) отмечается, что операция удаления большого количества строк из базы данных представляет собой довольно большую нагрузку, для которой необходимо использовать специальные методы: уменьшить размер транзакций, увеличить время между операциями DELETE, чтобы уменьшить силу запросов.

В [5] был протестирован SQL Server 2016, где был исследован параметр AutoAdjustBufferSize. Параметр AutoAdjustBufferSize влияет на силу потока запросов к базе данных. Изменение параметра AutoAdjustBufferSize улучшило производительность базы данных [5].

В работах [6] и [7] определены модели и получены результаты исследований производительности структур объектно-реляционного отображения (ORM) с базами данных.

В результате этих исследований, в работах [6] и [7] были рассмотрены различные типы структурных запросов.

В работе [8] отмечается важность разработки моделей, влияющих на производительность баз данных, но методы и количественные оценки их создания не описаны.

Таким образом, хотя проблема изучения влияния потока запросов на нагрузку ВС существует в течение длительного времени, остаются вопросы, которые связаны с их измерением.

### Цель работы

Целью данной работы является разработка модели нагрузочного воздействия на базу данных для определения количественных и качественных оценок производительности ВС, которая решает описанную ниже проблему.

### Постановка проблемы

На сервере компьютерной сети находится база данных. Для проведения тестирования производительности в базу данных с клиентских рабочих станций поступают запросы. Скорость запросов контролируется написанным сценарием. Необходимо создать модель нагрузочного

воздействия на базу данных и определить: количественные и качественные характеристики модели; оценки основных характеристик модели.

Решение проблемы. Модель элемента для воздействия нагрузки

Регулирование потока запросов к базе данных является важным аспектом изучения влияния нагрузки. Сценарий используется для регулирования потока запросов. Поэтому основой воздействия нагрузки является сценарий. Сценарий состоит из отдельных элементов нагрузочных воздействий, которые имеют входные и выходные параметры (рис. 1).

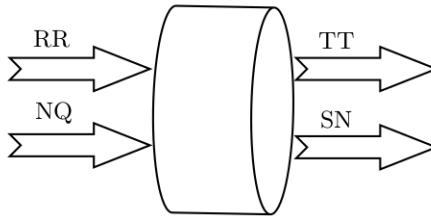


Рис. 1. Модель элемента для воздействия нагрузки

Входными параметрами элемента нагрузочного воздействия (рис. 1) являются [9]: скорость запросов (RR) и общее количество запросов (NQ). Выходными параметрами элемента нагрузочного воздействия являются: общее время (TT) и состояние объекта нагрузочного воздействия (NS).

### Определение модели поступления запросов

Скорость поступления запросов является входным параметром элемента нагрузочного воздействия (рис. 1). На основе скорости поступления запросов, определяют следующие количественные оценки: изменение скорости поступления запросов (RCR) и общее количество запросов (TQR).

Если скорость поступления запросов (RR) обозначить как  $f'(t)$ , то скорость запросов на изменение (RCR) обозначается как  $f''(t)$ .

Также, эти оценки имеют следующие соотношения для скорости поступления запросов (RR):

$$RR = \int f''(t)dt; \quad (1)$$

$$RR = \frac{dTQR}{dt}; \quad (2)$$

Для изменения скорости поступления запросов (RCR):

$$RCR = \frac{dRR}{dt}; \quad (3)$$

Также мы можем определить общее количество поступивших запросов (TQR) как:

$$TRQ = \int f'(t)dt; \quad (4)$$

В некоторых случаях, когда RCR нелинейно, мы используем производную от RCR - DRСR. Тогда:

$$DRСR = \frac{dRCR}{dt}; \quad (5)$$

Также, изменение скорости поступления запросов (RCR) можно определить из формулы:

$$RCR = \int f^{(3)}(t)dt; \quad (6)$$

Определение количественных оценок модели

Из соотношений (1)-(5) возможно определить количественных оценки нагрузочных воздействий, которые имеют следующие соотношения.

Для определения оценки общего количества запросов ( $evTRQ$ ):

$$evTRQ = \int_{t_0}^{t_1} RR(t)dt ; \quad (7)$$

Для определения оценки скорости поступления запросов ( $evRR$ ):

$$evRR = \int_{t_0}^{t_1} RCR(t)dt ; \quad (8)$$

Для определения оценки скорости изменения запросов ( $evRCR$ ):

$$evRCR = \int_{t_0}^{t_1} DRСR(t)dt ; \quad (9)$$

Качественные характеристики модели

Качественные характеристика нагрузочных воздействий представлены выходным параметром элемента нагрузочных воздействий (рис.1, SN). Качественные характеристика нагрузочных воздействий имеют градации, которые определяются в зависимости от состояния объекта исследования. Градации и измеряются в единицах и обозначаются как состояния S1, S2 и S3. Эти градации можно соотнести с низкими, средними (средними) и высокими нагрузочными состояниями [10, 11]. Критериями определения состояний объекта исследования могут быть следующими: наличие очереди, появление ошибок, потеря запросов, синхронная или асинхронная передача запросов. Например, такие критерии, как выполнение синхронных отдельных запросов к базе данных; отсутствие очереди, ошибок и потерянных запросов при обработке запросов к базе данных - относят к состоянию S1.

Состояние S2 объекта исследования включает в себя такие критерии, как наличие множественных асинхронных запросов к базе данных; наличие очереди запросов к базе данных, но отсутствие ошибок и потерянных запросов при их обработке.



Состояние S3 объекта исследования включает в себя такие критерии, как наличие ошибок или потерянных запросов при обработке базой данных. В некоторых случаях могут быть определены переходные градации между этапами S1 и S2.

### **Литература**

1. Vadim Tkachenko, Arjen Lentz, Peter Zaitsev, Baron Schwartz, Derek J. Balling, Jeremy D. Zawodny: High Performance MySQL, 2nd Edition, O'Reilly Media, Inc., (June 2008), ISBN: 9780596101718. <https://www.oreilly.com/library/view/high-performance-mysql/9780596101718/ch04.html>

2. Baron Schwartz: Maatkit. Power Tools for MySQL. CPOSC 2009. [https://www.xaprb.com/media/2009/10/Maatkit CPOSC.pdf](https://www.xaprb.com/media/2009/10/Maatkit%20CPOSC.pdf)

3. Sean Hull: Even More Maatkit for MySQL. Database Journal. (June 2010).

4. Shlomi Noach: MySQL utilities for everyday use. O Reilly MySQL Conference & Expo 2011.

5. Koen Verbeeck: Integration Services Performance Best Practices Data Flow Optimization. SQLShack. (January, 2017).

6. Cong Yan, Alvin Cheung, Junwen Yang, Shan Lu: Understanding Database Performance Inefficiencies in Real-world Web Applications. Session 7D: Application Driven Analysis. CIKM17, Singapore, (November, 2017).

7. T.-H. Chen, W. Shang, Z. M. Jiang, A. E. Hassan, M. Nasser, and P. Flora: Finding and evaluating the performance impact of redundant data access for applications that are developed using object-relational mapping frameworks. IEEE Transactions on Software Engineering, (2016).

8. Bala Narasimhan: Database workload characteristics and their impact on storage architecture design part 5 Query Execution Plans. (April, 2015).

9. Хошаба А.М. Моделирование производительности вычислительных систем на основе моделей и программных средств //Геометричне моделювання та інформаційні технології №2(6), жовтень, 2018.-Миколаїв.-С. 94-98.

10. Хошаба А.М. Исследование процессов нагрузочных воздействий и восстановлений производительности вычислительных систем //Прикладні питання математичного моделювання №1, 2018.-Херсон.-С. 178-185.

11. Хошаба А.М. Моделирование процессов нагрузочных воздействий и восстановлений производительности вычислительных систем // XIX Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2018): Тези допов.-Херсон: ХНТУ, 2018. – С. 93.

## ПРОЦЕС ВИБОРУ ХМАРНИХ ІТ-СЕРВІСІВ

К.М. Фокін., В.В. Нехай

*Чернігівський Національний Технологічний Університет*

В останні роки ефективного застосування набувають хмарні технології або хмарні обчислення (англ. Cloud computing).

Хмарними технологіями зацікавлені як великі компанії, які намагаються оптимізувати свої витрати на ІТ-інфраструктуру підприємства, так і малі компанії, які не мають можливості відразу розгорнути свою власну інфраструктуру. Також зацікавлені звичайні користувачі, що можуть отримати такі послуги як зберігання даних, використання програм тощо. Зростання інтересу до технології хмарних обчислень пов'язано з економічним ефектом від їх використання. У ході їх використання споживачі можуть істотно знизити капітальні витрати на побудову центрів обробки даних, закупівлю серверного та мережного обладнання, апаратних і програмних рішень, забезпечення безперервності і працездатності, а також час побудови та введення в експлуатацію великих об'єктів інфраструктури інформаційних технологій. Усі ці проблемні питання за даних умов перекладаються з користувачів на провайдерів хмарних послуг, а користувач лише сплачує фактично надані послуги. Також хмарні сервіси надають їх користувачам гнучкість у налаштуванні таких параметрів, як обчислювальна потужність, обсяг файлового сховища, склад програмного забезпечення тощо. Однак, незважаючи на явні переваги, під час використання хмарних технологій необхідно вирішувати і ряд проблемних питань. Основними з них є довіра до постачальника сервісу, забезпечення конфіденційності, цілісності, справжності та неспростовності інформації на усіх етапах її існування, безперебійність в роботі, захист від несанкціонованого доступу (НСД) та збереження особистих даних користувачів, які передаються та обробляються в хмарі. Тому, для кожного підприємства (організації) є актуальним питання вибору найкращої хмарної технології, яка буде забезпечувати ефективність управлінських рішень з урахуванням ризиків інформаційної безпеки.

Для прийняття обґрунтованого рішення при виборі хмарних ІТ-сервісів для впровадження в організацію (підприємство) необхідно провести аналіз, при цьому доцільним було б застосувати системний підхід, виділивши важливі етапи.

Основною операцією системного підходу є поділ цілого на складові частини. Завдання може розпадатися на підзадачі, цілі – на підцілі і т. д.

При необхідності даний процес може повторюватися, що призведе до деревовидним ієрархічним структурам. Процес вибору хмарних ІТ-сервісів складний, погано формалізований, слабо структурований, тому операцію декомпозиції важливо чітко продумувати. Один із способів спрощення складного – це метод декомпозиції, який полягає в розділенні цілого складного на прості і більш дрібні частини.

У зв'язку з цим обґрунтуємо декомпозицію концепції вирішення проблеми відповідно до методики, розробленої Ф.П. Перегудовим і В.З. Ямпольським [1, 2]. Глобальна мета – вибір хмарних ІТ-сервісів для впровадження в корпорацію ґрунтується на формуванні стратегії, яка включає в себе три складові: корпоративна стратегія, стратегія бізнесу та функціональна стратегія [3]. Далі за ознакою «життєвий цикл» для функціональної стратегії виділимо (декомпозицію) стандартні етапи: збір та аналіз даних; оцінка даних; прийняття рішень [4] (рис. 1).

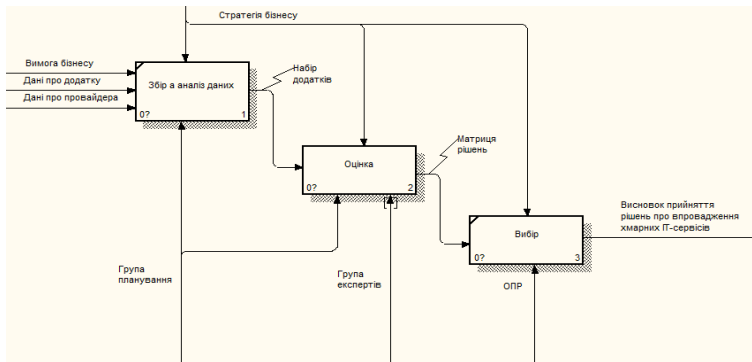


Рисунок 1 – Декомпозиція процесу прийняття рішення при виборі хмарних ІТ-сервісів

Вхідною інформацією для аналізу буде: визначення високорівневих вимог бізнесу; визначення моделі хмарного сервісу і моделі розгортання; дані про провайдерів та додатки тощо. На виході процесу аналізу буде отримано набір додатків, який піддається оцінці. За результатами оцінки отримуємо бал для кожної програми, на основі якого приймається рішення про впровадження.

Процес оцінки згідно ознакою «простір ініціювання цілей» декомпозуємо на 2 етапи:

Оцінка результативності.

Оцінка можливості переходу.

На першому етапі визначається відповідність стандартам і тим самим можливість застосування на підприємстві додатків що оцінюються.

На другому етапі після відсіву додатків, які не можуть використовуватися, проводиться аналіз можливості переходу підприємства до хмарних технологій в порівнянні з іншими альтернативами, де визначається їх пріоритет для впровадження.

Оцінка проводиться групою експертів у відповідності до завдань на експертизу. На рис. 2 представлена декомпозиція процесу оцінки. На виході процесу оцінки отримуємо матрицю рішень про впровадження хмарних ІТ-сервісів.

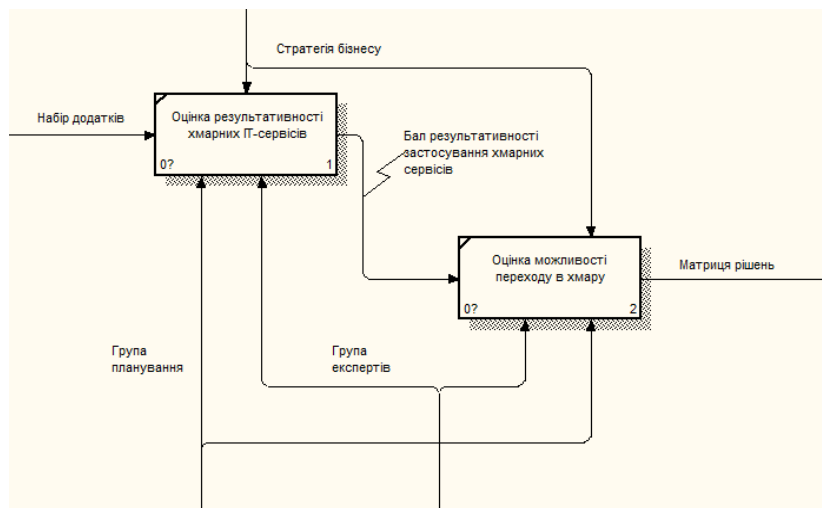


Рисунок. 2 – Декомпозиція процесу оцінки

На останньому етапі «Вибір» робиться висновок ОПР про впровадження хмарних ІТ-сервісів на підприємстві.

Після моделювання можна приступати до етапу впровадження хмарних ІТ-сервісів.

### Література

1. Кориков А.М. Теория систем и системный анализ: учеб. Пособие / А.М. Кориков, С.Н. Павлов. – 2-е изд., доп. и перераб. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2008. – 264 с.
2. Перегудов Ф.И. Основы системного анализа: учеб. – 2-е изд., доп. / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – Томск: НТЛ, 1997. – 396 с.
3. Холодков А. ИТ-стратегия, часть 1: общий стратегический процесс в организации // ИТ-консультант – [Электронный ресурс]. – Режим

доступа: <http://www.kholodkov.ru/it/?p=671>. Дата обращения: 10.09.2015.

4. Захарова А.А. Система поддержки принятия решений о стратегии инновационного развития региона: монография / А.А. Захарова; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 144 с.

## SYSTEM ANALYSIS OF METHODS OF COMPUTER MODELING AND OPTIMIZATION

Anatoliy Tymchenko<sup>[1]</sup> and Hryhoriy Zaspа<sup>[1]</sup>

<sup>1</sup> *Cherkasy State Technological University*

**Abstract.** The report presents the results of systematic studies of complex systems using simulation methods using theoretical positions. Objects and processes of the environment are used as complex systems: objects of nature (living and inanimate), society (humanity), techniques (artificial nature), phenomena and events, and processes of their research. Such objects in the field of engineering, namely, objects of machine building, large power complexes, communication networks, computer networks, etc., are the purpose of collective activity abstract should summarize the contents of the paper in short terms, i.e. 150-250 words.

**Keywords:** System approach, System design.

### Introduction

Processes are considered as technological (material and energy production) and information processes as means of implementation of information technologies - achievement of the goal.

The modern stage of the scientific and technological revolution gives the opportunity to significantly accelerate the development process due to the widespread use of computer equipment as the basis for the implementation of modern technological enterprises using information technology.

### Approach to Computer Modeling

It is shown that the processes of development of methods of system design of objects of new technology (ONT), which are considered as objects of autonomous functioning, are constantly improving. This explains the persistence of system specialists working in the field of systemic research, applied mathematics, cybernetics and informatics in solving the main component of the effectiveness of modern technology - the programming of life cycles of objects of new technology and technologies [1].

An important step in solving this problem is the creation of a system of system simulation, which enables the installation of large mathematical

(computational) experiments and the preparation for the creation of automated information systems (AIS) programming JC ONT. The banks of the mathematical models (system) of the ONT JC programming objects and dynamic operations packages should become the system core of such integrated AIS [2].

It is shown that for the modeling of the processes of the ONT functioning, a device of differential, structural (finite) and grid dynamics is used that allows the hierarchical combination of known fundamental models: differential dynamic system (DDS) and finite dynamic system (KDS). Such a class of systems was designed in the form of logical-dynamic systems (LDS). Accordingly, the mathematical principles of management are formulated as follows [1-2].

The upper level of such a system model is the model of dynamic operation, network dynamics (growth, combination, selection, distribution and neutral transition) and, respectively, the model of ordering the sequence of structural states (average level), as well as ordered phase transition states (lower level) [1-2]

A coherent study of the methods of theoretical and mathematical modeling of these problems reduces to purposeful management by streamlining the local global goal. The task of system optimization of processes in ONT refers to the multicriteria in solved which system simulation takes the main place [3-4].

#### Conclusion

System design of modern objects of new technology - a complex systemic and technical problem. Its complexity is determined by the complexity of the object itself (the elements and connections between them), its multipurpose purpose, the cyclic nature of the functioning of the organizational and technical distribution of functions of target management. In a system set of formal models of various aspects of an object, the corresponding complexity properties must be displayed and integrated simultaneously into the optimization problem. [5-6].

#### References

1. Zhuk K.D., Timchenko AA, Dolenko TI, Investigations of structures and modeling of logical-dynamic systems. K. : Science. Dumka, 1975. 199s.
2. Timchenko A.A., Logic-dynamic systems - mathematical models of systems with controlled structure // Automatics - 97., Cherkasy: CHITI, - №1, 1998, P.32-41.
3. Glushkov VM, On system optimization // Cybernetics. - 1980. - №5. P.89-90.

4. Glushkov VM, Fundamentals of paperless computer science. - M: Science. The main editors of physical and mathematical literature, 1982. - 552c.

5. Timchenko A.A., Fundamentals of the system design of the system analysis of folding ob'ektiv. Podruchnik u two books. Book 1. Establish a CAD system and system design of folding objects. - K.: Libid 2004. 272s. Book 2. Foundations of a system approach and a system analysis about new technologies. - K.: Libid 2004. 288c.

6. Timchenko A.A., Evolutionary definition of a complex system // VisnykIII. - 2000. -№1. - P.105-110.

UDC 004.4

## **USING THE AGENT-ORIENTED SIMULATION MODEL FINDING ROUTE PARAMETERS IN AN AUTOMATED PUBLIC TRANSPORT MANAGEMENT SYSTEM**

A. Zadorozhnii, M. Dorosh, I. Bohdan, L. Svetenok  
*Chernihiv National University of Technology, Ukraine*

The developed automated city transport management system combines capabilities of several different systems. On the one hand, the proposed system has the function of public transport fare payment by the aid of RFID cards and it offers flexible payment mechanisms with different types of discounts. On the other hand, the proposed system allows a customer to track the position of a public transport vehicle and determine its time of arrival. The most important feature of the system is ability to find acceptable public transport route parameters by using the agent-oriented simulation model. The feature makes it possible to change dynamically such parameters of the routes as traffic interval and passenger capacity of vehicles. Furthermore, this feature allows researching possibility of changing the routes and combining several routes in one. Fig. 1 demonstrates the architecture of the transport management system.

The automated city transport management system has distributed architecture and contains following main subsystems.

Public transport vehicle subsystem contains GPS tracking module, GPRS communication module and fare payment module using RFID card. GPS module identifies the current position of a vehicle and transfers it to the server in real time using GPRS module. Fare payment data are transferred to the server using GPRS as well; however, the frequency of data transfer is lower than the frequency of transferring current vehicle position.

The architecture of public transport vehicle subsystem rests on Arduino platform described in Fig. 2.

MySQL database stores user data concerning RFID card balance, the performed operations, personal data and the data necessary for the site to function. A user puts an RFID card on RFID reader. The RFID reader reads user's token and unique number and transfers the data to Arduino UNO. Arduino UNO sends REST request via GPRS module to APS (Automation Payment System). The Automation Payment System has fare amount in its configurations and makes SQL request to MySQL server to withdraw the defined amount of money from user's account.

Simulation module is used to model public transport load simulation. Results of the simulation are transferred to processing simulation results module used for finding acceptable route parameters.

The timetable generator uses the data from the processing simulation results module to schedule transport vehicles on the route and sends the timetable to public transport drivers.

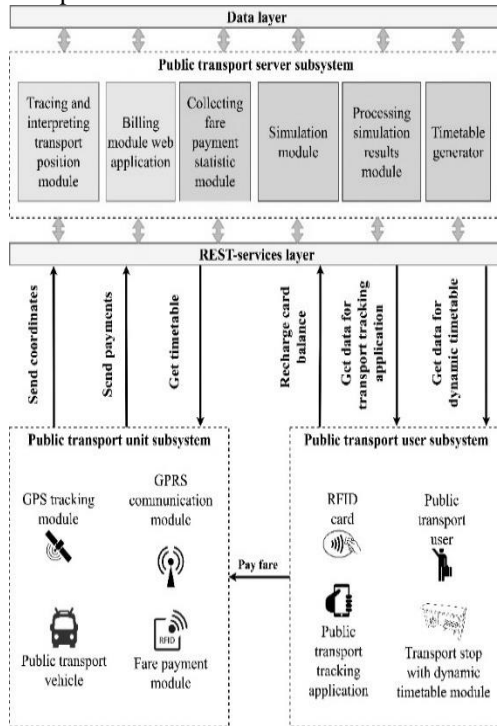


Fig. 1. The architecture of the automated transport management system



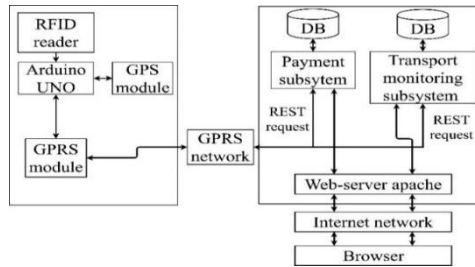


Fig. 2. The architecture of the public transport vehicle subsystem based on Arduino platform

The presented model was tested several times to find acceptable route parameters such as amount of public transport vehicle agents on the route, their passenger capacity and traffic intervals. Chernihiv trolleybus route #1 was chosen for performing the experiments. Let us set the parameters for the first experiment. The quantity of vehicles is 3 trolleybuses, their passenger capacity – 20 people, and their traffic interval – 30 minutes. Fig. 3 demonstrates the diagram of number of passenger at all stops on the route in the first experiment.

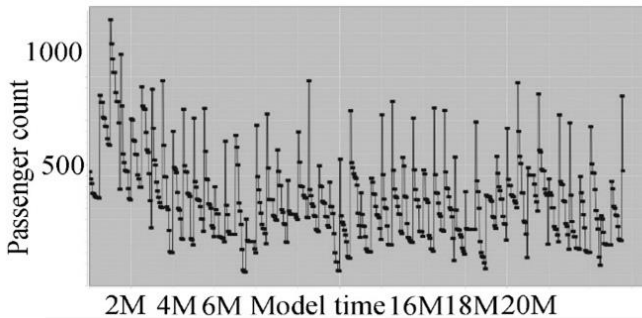


Fig. 3. The diagram of number of passengers at all stops on the route in the first experiment

So, the first experiment demonstrates that there are many passengers waiting for the trolleybus at the stops. This indicates that the route parameters are not acceptable and need changing.

Let us set the route parameters for the second experiment. Let the quantity of vehicles be 4 trolleybuses, their passenger capacity – 40 people and their traffic interval – 20 minutes. Fig. 4 demonstrates the diagram of number of passengers at all stops of route in the second experiment.

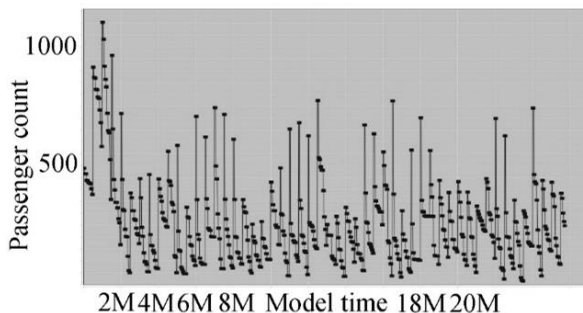


Fig. 4. The diagram of number of passengers at all stops on the route in the second experiment

In the second experiment, the number of passengers waiting for the transport at the stops reduced in comparison with the first one. Consequently, the route parameters for the second experiment are better than the route parameters for the first one but they still can be improved.

Let us set route parameters for the third experiment. Let the quantity of vehicles be 6 trolleybuses, their passenger capacity – 45 people, and their traffic interval – 35 minutes. Fig 5 demonstrates the diagram of number of passengers at all stops on the route in the third experiment.

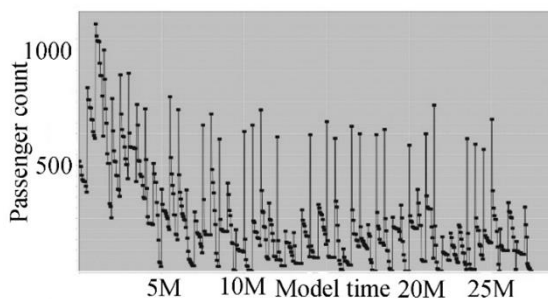


Fig. 5. The diagram of number of passengers at all stops on the route in the third experiment

In the third experiment, the number of passengers waiting for the transport goes to zero. Consequently, the route parameters for the third experiment are the most acceptable among all the experiments.

## Literature

1. Zhao F. Optimization of transit route network, vehicle headways and timetable for large-scale transit networks / F. Zhao, X. Zeng // European

journal of operation research. — 2008. — 186.— P. 841—855. doi: 10.1016/j.ejor.2007.02.005.

2. Sandra U. An effective mimetic algorithm for the cumulative capacitated vehicle routing problem / U. Sandra, P. Christian, W. Roberto // Computers & Operations Research. — 2010. — 37.— P. 1877—1885.

3. Wu Y. Multi-objective re-synchronizing of bus timetable: model, complexity and solution / Y. Wu, H. Yang, J. Tang, Y. Yu // Transp. Res. — 2016. — Part C 67. — P. 149—168. doi: 10.1016/j.trc.2016.02.007.

4. Yan Y. Robust optimization model of schedule design for a fixed bus route / Y. Yan, Q. Meng, S. Wang, X. Guo // Transp. Res. — 2012. — Part C 25. — P. 113—121. doi: 10.1016/j.trc.2012.05.006.

## **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМИ РОБОЧИХ ПОТОКІВ НА ОСНОВІ АЦИКЛІЧНИХ ГРАФІВ**

Коваленко М.А.

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

За останні два десятиліття були розроблені інструменти, що допомагають не тільки виконувати роботу, але і управляти її процесом. Комп'ютерні workflow-системи є кроком вперед у порівнянні зі звичайними процедурними документами. У даних системах виробничий процес задається формально, і хід роботи управляється програмою, яка роздає завдання, передає роботу від одного учасника процесу до іншого і відстежує, на якій стадії знаходиться її виконання [1].

Основні переваги даного підходу:

1. Робота направляється в потрібному напрямку і не затримується - втручання ззовні потрібно тільки в рідкісних випадках, для виправлення збоїв або наслідків неправильного управління роботою.

2. Менеджери можуть приділяти більше часу персоналу і таких питань, як індивідуальна працездатність, оптимізація технологічного процесу і т. д., замість того щоб займатися рутинною розподілом завдань.

3. Усі операції формально документуються і точно виконуються - можна бути впевненим, що робота виконується саме так, як заплановано керівництвом, з урахуванням всіх ділових і юридичних вимог.

4. Кожному завданню приписується кращий для нього виконавець, будь то людина або машина, і найбільш важливі завдання розподіляються в першу чергу.

5. Паралельні роботи, при яких два і більше завдання виконуються одночасно, здійснюються набагато легше, ніж в традиційних процесах, керованих вручну.

6. Спрощується робота з даними, які тепер можуть зберігатися віддалено і використано за допомогою Інтернету.

За час існування методології сценаріїв виникло кілька різних способів їх формального опису. Можна виділити наступні підходи[2]:

1. Використання скриптових мов.
2. Використання графів:
  1. орієнтовані ациклічні графи;
  2. мережі Петрі.

У даній роботі будуть розглянуто спосіб ациклических графів. *Графи* - це чисто математична абстракція, але, тим не менш, вони більш зручні для непідготовленого користувача, оскільки представляють сценарій наочно. Правда, зі збільшенням складності сценаріїв графи «розростаються», і їх стає важко переглядати. Наочність в цьому випадку можна зберегти, використовуючи ієрархічне представлення графа, що дозволяє приховувати деталі окремих його подграфів.

Для подання сценаріїв широко використовуються два класи графів: орієнтовані ациклічні графи і мережі Петрі.

*Орієнтованим ациклічним графом* (DAG) називається будь-орієнтований граф, в якому немає орієнтованих циклів [3]. Вершинами графа є, виконувани програми або виконуються операції, а ребра встановлюють залежності між ними. Перевага таких графів - простота структури і реалізації. Але є і недоліки: вони накладають обмеження на типи сценаріїв - на-приклад, можна явно задати цикли без застосування додаткових конструкцій, вже не пов'язаних з графовим поданням. Крім того, такі графи здатні описувати тільки модель поведінки процесу, які не фіксуючи його стан під час виконання.

Приклади додатків, що використовують DAG для подання сценаріїв: Airflow, Condor, Symphony, Cactus, UNICORE.

Розглянемо систему Condor як приклад програми, що використовує для представлення сценаріїв орієнтовані ациклічні графи.

Система Condor [4] призначена для об'єднання обчислювальних потужностей окремих машин і кластерів в віртуальний кластер з метою проведення ресурсномістких обчислень. Формально Condor представляє собою спеціалізовану систему пакетної обробки (batch processing system) для завдань, що вимагають інтенсивних обчислень. Як і інші повнофункціональні системи цього класу, Condor включає підтримку механізму організації черги завдань, політик планування, моніторингу та

управління ресурсами. Після того, як користувач додав своє завдання, Condor поміщає його в чергу, обирає місце і час виконання завдання відповідно до політики планування, здійснює моніторинг його виконання і, по завершенні виконання, повідомляє про це користувача.

Під завданням в Condor мається на увазі запуск заданого виконуваного коду на заданих вхідних даних. В описі завдання вказується шлях до програми і вхідних даних, а також шлях до місця, де слід розмістити результати обчислень. Перед виконанням завдання виконуваний модулі разом з даними переносяться засобами Condor на вибрані машини. Аналогічно відбувається перенесення результатів з машини, на якій проводилися обчислення, в потрібне місце.

Для подання набору завдань де вхідні / вихідні дані або виконання кожного із завдань можуть залежати від інших завдань, в системі Condor використовується орієнтований ациклічний граф. Вершинами графа є виконуваний програми, а ребра устанавлюють залежності між ними.

Condor тільки знаходить машини для запуску програм, але не виконує планування їх виконання відповідно до встановлених залежностями. Для цієї мети використовується спеціальний «метапланувальник» Directed Acyclic Graph Manager (DAGMan). DAGMan передає завдання в Condor в порядку, описаному за допомогою графа сценарію, і оброблює отримані результати. Вхідними даними для DAGMan є текстовий файл з описом графа сценарію, а також пов'язані з ним звичайні файли з описами всіх завдань, що входять в граф. Всі завдання повинні використовувати загальний системний журнал, який DAGMan використовує після передачі завдань в Condor для контролю над виконанням завдань. DAGMan відповідає за планування, відновлення після збоїв і оповіщення про результати роботи заданого набору програм.

Вхідний файл, який використовується DAGMan, включає в себе (див. Рис 1):

```
# Filename: diamond.dag
#
Job A A.condor
Job B B.condor
Job C C.condor
Job D D.condor
Script PRE A top_pre.csh
Script PRE B mid_pre.perl $JOB
Script POST B mid_post.perl $JOB $RETURN
Script PRE C mid_pre.perl $JOB
Script POST C mid_post.perl $JOB $RETURN
Script PRE D bot_pre.csh
PARENT A CHILD B C
PARENT B C CHILD D
Retry C 3
```

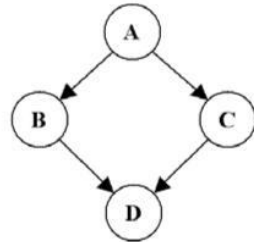


Рисунок 1 - Приклад опису сценарію та графу в Condor DAGMan

Переваги системи Condor DAGMan:

1. Простота структури і реалізації.
2. Система Condor спочатку призначена для обчислювальних цілей.
3. Розвинена обробка відмов.

Недоліки системи:

- Немає коштів опису логічних конструкцій, не можна явно змодельовувати цикли.
- Моделює тільки поведінку, але не стан процесу

Робота з ресурсами описується в термінах запуску виконуваних файлів на віддалених машинах, що обмежує спільність підходу і область його застосування традиційними паралельними обчисленнями.

### **Література:**

1.Афанасьев А. П., Волошинов В. В., Рогов С. В., Сухорослов О. В. Развитие концепции распределенных вычислительных средов // Проблемы вычислений в рас-пределенной среде: организация вычислений в глобальных сетях. Сборник работ ИСА РАН. М.: УРСС, 2004.

2.The Globus Project ([www.globus.org](http://www.globus.org)).

3.Элементы теории графов, схем та автоматів / Алексеев В. Б., Ложкин С. А. М.: Изд. відділ ф-ту ВМК МГУ, 2000. 58 с.

4.Condor Project ([www.cs.wisc.edu/condor](http://www.cs.wisc.edu/condor)).

УДК 681.003

## **ОНТОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО БИЗНЕСА**

Г.М. Гулак

*Институт математических машин и систем НАН Украины*

В.І Кашук

*Навчально-науковий інститут інформаційної безпеки НА СБ України*

Проблема оцінки ефективності побудованої системи інформаційної безпеки має особливе значення для електронного бізнесу, оскільки електронний бізнес з одного боку є складовою безпеки критичної інфраструктури, з іншого – витрати на побудову системи інформаційної безпеки (включаючи забезпечення кібербезпеки) звичайно переносяться на вартість товарів, робіт або послуг, що надаються електронним бізнесом.

Зауважимо, що поняття електронний бізнес переважно стосується надання різного роду послуг (включаючи, банківські, інформаційні, платіжні, юридичні тощо), реалізації товарів, управління певними ресурсами за допомогою сучасних інформаційних технологій та глобальної мережі Інтернет.

Зважаючи на те, що основною метою бізнесу є отримання прибутку, постає актуальним питання забезпечення раціонального співвідношення «ризиків втрат/затрати на безпеку». Сучасні підходи до оптимізації цього співвідношення базуються на моделі математичного очікування у деякій імовірнісній схемі. У той же головною проблемою цього підходу є не врахування гіпервипадкового характеру [2] подій в означеній схемі. А саме, функція розподілу ймовірностей реалізації ризиків обумовлених джерелом антропогенного походження не може вважатись статистично стійкою. Стохастичні моделі успішно виконують свої функції у випадках аналізу подій природного або техногенного характеру, у випадку джерел антропогенного характеру (людський фактор) завжди існує деяка детермінована стратегія, що виключає класичну випадковість події, і яка обумовлена природою людини, яка переслідує певні цілі, її мотивацією, яка базується на певних властивостях людини, зокрема, жадібності, кар'єрних амбіціях, помилковому розумінні віри або любові, жаги до помсти тощо. Людині, залежно від обставин конкретного часу, властиво входити до певних коаліцій з іншими людьми, посилюючи при цьому свій власний потенціал, або виходити з цих коаліцій, внаслідок чого її потенціал може змінюватись в той чи інший бік. Це означає, що узагальнена функція розподілу ймовірностей реалізації загроз антропогенного характеру для певного випадку (інформаційної системи, інформації яка в ній оброблюється) являє собою певний часовий ряд:

$$\{ \dots, \mathcal{F}_{-2}(\bar{x}, \bar{\mu}_{-2}), \mathcal{F}_{-1}(\bar{x}, \bar{\mu}_{-1}), \mathcal{F}_0(\bar{x}, \bar{\mu}_0), \mathcal{F}_1(\bar{x}, \bar{\mu}_1), \dots, \mathcal{F}_n(\bar{x}, \bar{\mu}_n), \dots \}, (1)$$

де  $\mathcal{F}_{-n}(\bar{x}, \bar{\mu}_{-n})$  - конкретна функція розподілу ймовірностей що відповідає дискретному моменту часу  $t: n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ;  $\bar{x}$  - її вектор - аргумент,  $\bar{\mu}_n$  - вектор параметрів що «персоніфікують» функцію розподілу.

Логічними постають припущення, що:

1. Для  $\forall n: \mathcal{F}_{-n}(\bar{x}, \bar{\mu}_{-n}) \in \mathfrak{F}$  - деяка кінцева множина функцій розподілу.

2. Спостерігач точно знає усі попередні функції розподілу  $\mathcal{F}_{-n}(\bar{x}, \bar{\mu}_{-n}), n = 0, 1, 2, \dots$ . Тобто спостерігачеві достеменно відома передісторія поведінки джерела антропогенних загроз безпеці розподіленої автоматизованої системи, яка забезпечує безперервність деякого електронного бізнесу.

## **Литература**

1. Пярин В.А., Кузьмин А.С., Смирнов С.Н. Безопасность электронного бизнеса / Под редакцией действ. члена РАЕН д.т.н., проф. В.А. Минаева. –М.: Гелиос АРВ, 2002. -432с., ил.

2. Горбань И.И. Феномен статистической устойчивости / –К.: Наукова думка, 2014. -442с.



## АНАЛІЗ ЗАСОБІВ БЕЗПЕКИ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В.І. Гур'єв, І.В.Фірсова

*Чернігівський національний технологічний університет*

Останнім часом все більшого поширення набуває технологія хмарних обчислень, що передбачає віддалений (в тому числі через Інтернет) доступ користувачів до сховищ даних, обчислювальних ресурсів і програмних додатках. Хмарні технології здатні представити користувачам необхідні обчислювальні потужності за рахунок динамічного виділення необхідних ресурсів, при цьому навантаження між комп'ютерами, що входять в обчислювальну хмару, розподіляється автоматично.

Клієнти провайдерів хмарних послуг отримують можливість, за допомогою будь-яких, в тому числі мобільних, пристроїв доступу в мережу, використовувати потрібні обчислювальні ресурси і обсяги пам'яті, необхідне програмне забезпечення. Для більшості організацій, в тому числі і навчально-наукових, саме хмарні сервіси сьогодні є найбільш привабливою моделлю доступу до обчислювальних ресурсів. Їх основні переваги - зручність доступу, масштабованість послуг, що надаються, відносно невисока (у порівнянні з придбанням суперкомп'ютера, створенням обчислювального кластера або навіть прямої оренди обчислювальних ресурсів в центрах обробки даних) вартість.

Клієнти хмарних сервісів можуть істотно зменшити вартість як зберігання даних, так і використання обчислювальних потужностей, використовуючи загальнодоступні мережеві сховища і обчислювальні ресурси, в тому числі за рахунок наданої провайдерами цих послуг можливості зміни використовуваних ресурсів на вимогу клієнта і оплати їм тільки того обсягу, який йому в даний момент потрібен. Постачальник послуг об'єднує ресурси для обслуговування великого числа споживачів в єдиний пул для динамічного перерозподілу потужностей між споживачами в умовах постійної зміни попиту на потужності. Апаратні ресурси, які більше не потрібні для якогось сервісу або програми можна швидко перепризначити, і додаткова обчислювальна потужність почне споживатися іншими сервісами для збільшення їх ефективності.

Однак хмари, як приватні, так і публічні, вводять додатковий шар абстракції між початковим власником даних і тими, хто в реальності управляє цими даними. Одним з універсальних способів забезпечення захисту даних в хмарі є вибір рішення безпеки, заснованого на шифруванні даних на рівні файлів перш ніж вони покинуть довірену зону.

Хоча хмарні обчислення сьогодні вже не є відносно новою технологією, питання забезпечення їх інформаційної безпеки продовжують залишатися слабким місцем. У зв'язку з технологічними особливостями, використовуваними для побудови структури хмарних обчислень, до стандартних типів загроз, які є наслідком розміщення ресурсів на фізичних серверах, додалися складності, пов'язані з контролем хмарного середовища віртуалізації, трафіку між гостьовими машинами та розмежуванням прав доступу. Більш того, розподілена і відкрита структура хмарних обчислень з мультидоменною та розрахованою на багато користувачів структурою стала дуже привабливою мішенню для потенційних злоумисників.

Архітектура хмарних сервісів складається з трьох взаємозалежних рівнів: інфраструктура, платформа і додатки. Кожен з цих рівнів може бути уразливий до програмних і конфігураційних помилок, що допущені користувачами або провайдерами сервісу.

Система хмарних обчислень може піддаватися декільком видам загроз безпеки - включаючи погрози цілісності, конфіденційності та доступності її ресурсів, даних і віртуальної інфраструктури, які можуть бути використані нецільовим чином, наприклад, в якості майданчика для поширення нових атак.

Зберігання даних в хмарі означає, що ці дані містяться на загальнодоступних серверах. Якщо компанія перейде в хмару без урахування непередбачених наслідків, критичні корпоративні дані, такі, як, наприклад, інформація про клієнтів або інтелектуальна власність, піддадуться підвищеному ризику. При цьому юридична відповідальність за збереження інформації як і раніше лежить на організації, що розмістила ці дані в хмарі, а не на провайдерах хмарних послуг.

Інша серйозна проблема з захистом даних в хмарі - це нездатність для клієнта хмарних послуг самому проводити аудит і контролювати дії служби безпеки, наприклад, за допомогою перевірки лог-файлів, що може серйозно обмежити можливості по пошуку дій, які спричинили порушення безпеки системи.

Один з основних моментів, який необхідно враховувати стосовно безпеки в хмарі, полягає в тому, що відповідальність за використання ресурсів поділяється між клієнтом і постачальником хмарного сервісу. І необхідно розуміти, де кінчається відповідальність провайдера хмарних обчислень і починається відповідальність клієнта.

Прийнято вважати, що приватні хмари є найбільш безпечними, оскільки вони дозволяють впровадити власні засоби шифрування і захисту ще на етапі їх створення, а також через те, що дані залишаються в існуючій інфраструктурі компанії. Однак, якщо дані не захищені належним

чином в хмарі вони можуть бути втрачені або пошкоджені незалежно від того приватна ця хмара або публічна.

Класичні загрози інформаційної безпеки в публічній хмарі стають особливо актуальними. Так, наприклад, адміністратор великого хмарного ресурсу має доступ до даних безлічі клієнтів. Він легко може здійснити несанкціоновані дії над цими даними, при цьому такі дії в принципі можуть бути ніколи не виявлені. Існують і зовнішні загрози безпеки, такі як, наприклад, віддалені хакерські атаки. У публічних хмарах розміщується величезна кількість корпоративних даних, що робить їх привабливими для зловмисників.

Організації можуть підвищити рівень безпеки при використанні гібридного підходу до хмарних обчислень, який поєднує в собі публічні та приватні хмари. Частина даних, які класифікуються організацією як найбільш критичні залишаються в приватній хмарі, тоді як всі інші дані зберігаються в публічній хмарі.

Найбільш ефективним і при цьому універсальним способом забезпечити захист даних, їх конфіденційність і цілісність - це використати шифрування даних при їх передачі по інформаційних мережах і при зберіганні всередині хмари. Наприклад, в керівництві з інформаційної безпеки, розробленому Альянсом безпеки хмар, стверджується, що шифрування надає переваги найменшій залежності як від провайдера хмарного сервісу, так і від експлуатаційних помилок. Захист даних, заснований на шифруванні, робить ці дані марними для будь-якої особи, що не має ключів для їх дешифрування. І не важливо, знаходяться ці дані в процесі передачі або зберігання, вони залишаються захищеними.

IT-адміністратори і користувачі можуть частково повернути собі контроль над забезпеченням безпеки своїх даних, використовуючи рішення захисту, засновані на шифруванні даних, так як ці рішення можуть бути перенесені на всі обчислювальні платформи та операційні системи і працюють в будь-якому комп'ютерному оточенні. Використання відповідних методів шифрування запобігає неавторизованому доступу до даних незалежно від того, де вони знаходяться (в процесі передачі або зберігання в хмарі), і це означає, що організації можуть використовувати переваги хмарних обчислень, не піддаючи важливі дані ризику або зводячи цей ризик до мінімуму.

Отже, можна зробити висновок, що, як мінімум, необхідно:

- задіяти між хмарою і споживачем хмарних послуг функції шифрування;
- налагодити адаптивний і динамічний вибір найближчого (за критеріями часу відгуку, завантаженості і іншим параметрам) хмарного шлюзу, при цьому обмежувати підключення споживача одним певним

шлюзом нерозумно - відразу втрачається велика частина переваг від переходу до моделі хмарних обчислень;

- налаштувати шифровану передачу даних усередині хмарного середовища.

Але головною проблемою, що не вирішена в галузі хмарних обчислень на сьогодні, є довіра користувачів до постачальника послуг. Ця проблема гостро стоїть не тільки для компаній та підприємств, що використовують сторонніх постачальників, але й звичайних користувачів, персональні дані яких також потребують захисту та гарантій безпеки. Якщо у випадку великого підприємства воно може захистити себе від загроз проведенням аудиту безпеки провайдера хмарних послуг та аналізом ризиків та загроз інформаційної безпеки, а також застрахувати їх, чи створити свою власну приватну хмару, то невеликі компанії або звичайні користувачі не мають такої можливості. Тому необхідно впроваджувати механізми контролю постачальників хмарних послуг на міжнародному рівні або на рівні держави, з метою проведення аудиту безпеки та перевірки їх відповідності міжнародним або державним стандартам та висунутим до них умов.

## Література

1. Бердник А.В. Проблемы безопасности облачных вычислений. Анализ методов защиты облаков от cloud security alliance. Альманах современной науки и образования. В: Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2013. № 10. С. 35–38.

2. Гур'єв В.І. Кібербезпека хмарних технологій. /Гур'єв В.І., Фірсова І.В. // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем». Том 2 Чернігів: ЧНТУ, 2017. – 200с. – С. 114-116.

3. Гудзовата О. О. Інформаційна безпека хмарних сервісів [Текст] / О. О. Гудзовата // НАУКОВИЙ ВІСНИК 2'2013 Львівського державного університету внутрішніх справ, 2013. – С. 228–239.

4. Облачные вычисления и анализ информационной безопасности в облаке / И.Ф. Аулов, И.Д. Горбенко // Прикладная радиоэлектроника: науч.-техн. журнал. – 2013. – № 2. – С. 194–201.

## **ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ НАВЧАННЯ МОДЕЛЕЙ В МОНІТОРИНГОВИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ**

Авраменко А.С., Голуб С.В.

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького*

Сучасні моніторингові інтелектуальні системи (МІС) пропонують ряд потужних можливостей для забезпечення інформацією процесу прийняття рішень. Найбільшим інструментом МІС є можливість побачити можливі наслідки прийнятих рішень через моделювання зміни характеристик об'єктів моніторингу.

Проте МІС мають ряд обмежень що унеможливають їх використання в деяких сферах процесів прийняття рішень. Одними з прикладів такого є боротьба та ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій. У таких випадках процес прийняття рішень має дуже короткий термін і рішення повинні прийматися не тільки точно але й якомога швидше.

Потужні МІС складаються із ієрархічного поєднання багатопараметричних моделей [2], кожна з яких вирішує свої локальні завдання. Використання таких моделей на сучасному обладнанні є майже миттєвим проте створення і навчання таких ієрархій займає значний час, так як моделей в деяких середовищах моніторингу може бути значна кількість, від 50 і більше. Також при виході із строю однієї моделі в ієрархії потрібна заміна не тільки самої моделі, але і всіх моделей що пов'язані з нею.

В сучасних МІС моделі створюються за допомогою спеціальних алгоритмів синтезу моделей (АСМ), що використовують масиви вхідних даних (МВД), отриманих з допомогою спостережень за об'єктами моніторингу, та на виході виводять готову до використання модель. АСМ можуть базуватися на різних методах, наприклад на МГУА, нейромережах, генетичних алгоритмах та інших, та на їх налаштуваннях. Для вибору найкращого АСМ використовуються повне послідовне випробування з подальшою оцінкою якості отриманих моделей та обранням найкращої моделі.

Очевидно, що властивості масивів вхідних даних різних об'єктів будуть відрізнятися. Тому для синтезу моделей для кожного МВД доцільно вибирати АСМ індивідуально [3]. Таким чином забезпечується адаптація синтезатора моделей до зміни властивостей МВД. На сьогодні, в існуючих МІС синтез моделей проводиться після послідовного

випробування попередньо сконструйованих АСМ та вибору кращого алгоритму синтезу моделей.

Була сформульована гіпотеза, що зменшення часу синтезу моделей можливо досягнути за рахунок підвищення швидкості процесу адаптації синтезатора моделей. Пропонується адаптацію процесу синтезу моделей проводити шляхом розв'язку задачі класифікації МВД. При цьому головним завданням стає побудова вирішуючого правила, за яким буде визначатись належність нового МВД до одного із класів, для якого вже визначений кращий АСМ.

Таким чином дано множину класів МВД  $Q$ , потужність якої визначається кількістю сконструйованих АСМ:

$$|Q| = \gamma + 1, \quad (1)$$

де  $\gamma$  - кількість АСМ у синтезаторі моделей. +1 для визначення класу «Не розпізнано жодного АСМ».

Властивості МВД відображені множиною  $X$ . Елементами множини  $X$  є вектори  $X_i \in X$ , структура яких містить характеристики класифікаційних ознак МВД [3]:

$$X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}, \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

де  $m$  - кількість ознак МВД, а  $n$  - кількість МВД, що використовувались для побудови класифікатора, тобто потужність множини  $X$ .

Експериментально визначено для кожного із МВД кращий АСМ, що забезпечує побудову моделі із заданими властивостями. Це дозволило визначити до якого із класів множини  $Q$  належить кожен із елементів множини  $X$ , тобто отримати розв'язок задачі

$$a: X \rightarrow Q, \quad (3)$$

експериментальним шляхом.

Необхідно отримати аналітичний вираз вирішуючого правила  $a$  (3), яке дозволяє забезпечити максимальну кількість правильно класифікованих елементів множини  $X$  та забезпечить ефективну роботу синтезатора моделей.

Синтезатор моделей пропонується описувати у формі скінченного автомата:

$$M = (V, Q, q_0, F, \delta) \quad (4)$$

де  $V = \{0, 1, \dots, k\}$  – вхідний алфавіт,  $k$  - кількість АСМ відомих системі,  $Q$ -множина станів автомату,  $q_0$ - початковий стан автомату,  $F$ -множина кінцевих станів  $F \subset Q$ ,  $\delta$ - функція переходів

$$\delta: Q \times (V \cup \{\varepsilon\}) \rightarrow Q \quad (5)$$

Класифікатор моделей генерує на виході сигнал, що несе інформацію про клас, до якого належить вхідний МВД, і відповідно про АСМ, за яким потрібно синтезувати модель. Отримуючи вхідний сигнал від класифікатора, автомат переходить у стан, що відповідає АСМ із відомих системі. Відповідний АСМ отримує на вхід МВД, що обробляється класифікатором, синтезує модель та виконує стандартні дії із випробування та використання цієї моделі.

Для підтвердження цієї гіпотези та тестування запропонованого алгоритму був проведений експеримент. В програмний комплекс МІС, що побудований на кафедрі інтелектуальних систем прийняття рішень Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, були внесені зміни, відповідно до функціональної схеми, поданої на рис. 1. Після цього програмний комплекс МІС пройшов тестування для перевірки коректності програмної реалізації заданому на рис. 1 алгоритму класифікації.

Для випробування ефективності використання класифікатора в структурі МІС використані результати спостережень за захворюваністю населення Черкаської області впродовж 2000 – 2016 років.

**Таблиця 1.** Порівняння похибок моделювання.

Захворювання	Похибка моделювання %			
	Без ієрархії		З ієрархією	
	стандарт	класифікація	стандарт	класифікація
Дихання	12,4	12,4	12,4	12,4
Крові	8,22	8,22	8,22	8,22
Шлунку	111	111	13,6	13,6
Ендокринної системи	37,1	38,4	13,6	38,4
Нервової системи	35	37,1	26	26
Бронхіт	26	26	10,2	10,2
Астма	16,8	16,1	10,2	10,2
Гастрит	16,8	16,8	11,3	11,3
Діабет	26,6	24,3	11,3	11,3

Анемія де-фіциту заліза	27,3	27,3	26,6	27,3
Алергія	180	215	30,5	22,6
Пневмонія	40,1	40,1	27,3	27,3
Сечостатева система	30,5	30,5	19,9	19,9
Гломерулонефрит	36,8	40,1	7,79	7,78
Генетичні аномалії	19,9	19,9	3,32	3,2

У таблиці 1 подані результати тестування якості моделей отриманих стандартним методом та методом, що використовує класифікацію моделей. Як ми можемо побачити різниці між методами в якості моделей, при прискоренні моделювання в середньому в 4 рази, мінімальна.

Таким чином отримано експериментальне підтвердження наукової гіпотези про розв'язання задачі класифікації МВД до класу найкращого АСМ.

### Література

1. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища / С.В.Голуб ; Черкас. нац. ун-т ім. Б.Хмельницького. - Черкаси : ЧНУ, 2007. - 218 с.
2. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев: Наук. Думка, 1981. 296 с.
3. Колос П.О. Визначення множини інформативних параметрів таблиці первинного опису об'єкта моделювання./ Вісник Черкаського університету, випуск 173. – Черкаси: Вид. ЧНУ, 2009. – С. 121-128.
4. Avramenko A.: Classification models in information systems for social and environmental crisis monitoring / Avramenko A., Golub S. // Engineer of XXI Century – We design the future: Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Bialej - Bielsku-Biala : ATH, 2016. – 928 p.
5. J. Kogan, C. Nicholas, M. Teboule – «Clustering Large and High Dimensional data».



## **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА СОВМЕСТНО С ОБЛАЧНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ**

**Е.А. БОРОДИНА, С.П. АЛЁШИН**

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия  
Кондратюка, Украина*

Проекты ИИ предоставляют платформу для аналитики и машинного обучения, а облачная ИТ-инфраструктура обеспечивает необходимую для работы этих алгоритмов вычислительную мощность. Сочетание этих технологий способно изменить множество сфер нашей жизни [1].

Сама облачная отрасль инвестировала значительные средства в ИИ, например: IBM с продуктом Watson, Microsoft с когнитивными сервисами и Google со своими Cloud Vision и API-интерфейсом на естественном языке. В настоящее время Microsoft предлагает более 20 когнитивных услуг на своей облачной платформе, а Amazon еще в 2015 году запустил сервис, позволяющий добавлять аналитические и интеллектуальные возможности в приложения.

Облако занимает центральное место в продолжающейся эволюции ИИ. Их связь открывает две области: облачные сервисы на базе искусственного интеллекта и платформы машинного обучения в облаках. Первая позволяет пользоваться преимуществами ИИ в приложениях, не вкладывая средств в инфраструктуру – по существу, это «искусственный интеллект как услуга». Последние – это семантические машины, которые учатся на массивах данных и могут автоматически строить аналитические модели [2].

Потенциал искусственного интеллекта, который может учиться на нескончаемом количестве данных из облака, практически бесконечен. Программное обеспечение распознавания лиц может помочь улучшить систему контроля и безопасности, различные документы могут быть переведены корректно и правильно без необходимости внесения изменений со стороны специалистов, и даже простое автоматизированное обслуживание клиентов будет казаться совершенно отличным от того, что у нас сейчас есть.

Посредством объединения технологий искусственного интеллекта и облачных технологий обработки компьютерных данных можно будет притворить все эти возможности в реальность. Многочисленные серверы по всему миру, подключенные к облачным базам данных, хранят в себе значительное количество всевозможной информации, которая доступна для использования технологий искусственного интеллекта для

решения поставленных задач. Так же имеется возможность ИИ передать новую полученную в ходе обработки информацию в облако для дальнейшей работы с ней другим системам и технологиям.

Например, теперь есть возможность организациям «использующим IBM Watson для борьбы с киберпреступностью», обучать суперкомпьютер Watson тем или иным действиям, если он столкнется с какой-либо несанкционированной вирусной атакой в сети. Поскольку Watson постоянно изучает и хранит необходимую ему информацию, его действия и функциональные возможности становятся все более эффективными.

Но в настоящее время все еще существует проблема, которая заключается в том, что этот суперкомпьютер по-прежнему совершает ошибки, которых не допустил бы человек, например, предполагать, что программа-вымогатель может указать свое месторасположение». Таким образом, пока информационные технологии не выйдут на более новый и высокий уровень, по-прежнему останется необходимость участия человека в этих процессах [3].

Сочетание искусственного интеллекта, машинного обучения и данных, сохраненных с помощью облачных технологий, приведет к тому, что и ИИ, и люди смогут анализировать и собирать больше данных, чем когда-либо прежде.

## **Литература**

1. Искусственный интеллект и облака: технологический тандем ради технологического будущего [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://blog.colobridge.net/2018/03/artificial\\_intelligence\\_and\\_clouds\\_for\\_the\\_sake\\_of\\_technology\\_tandem\\_technological\\_future/](https://blog.colobridge.net/2018/03/artificial_intelligence_and_clouds_for_the_sake_of_technology_tandem_technological_future/)
2. Искусственный интеллект: будущее в облаке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.orange-business.com/ru/blogs/get-ready/oblachnye-vychisleniya/Iskusstvennyy-intellekt-budushchee-v-oblake>
3. Объединение ИИ и облачных вычислений создает взрывную силу для развития нового витка в современном мире ИТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://csef.ru/ru/nauka-i-obshchestvo/459/obedinenie-ii-i-oblachnyh-vychislenij-sozdaet-vzryvnyuyu-silu-dlya-razvitiya-novogo-vitka-v-sovremennom-mire-it-8133>

## МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЙ МОТИВАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ У ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ МЕРЕЖАХ

К.М. Анищенко, О.Г. Жданова, М.О. Сперкач,

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна*

У сучасному світі ми стикаємося з великою кількістю мереж різного типу: соціальні мережі, мережі електротроперадч, мережі постачання, та ін. Значна їх кількість має один або декілька центрів, з яких ця мережа керується чи регулюється. Але з розвитком технічного прогресу з'являється можливість уникнути участі третьої сторони у взаємодії між учасниками мережі – так з'являються децентралізовані мережі, де усі правила роботи мережі закладені в її структурі та протоколах. Відсутність у таких мережах регулюючої сторони, яка має контроль над усією мережею, несе за собою деякі ризики. Коли діяльність користувачів ніхто не контролює, їх хаотична поведінка може дестабілізувати усю мережу. Інтереси користувачів можуть не співпадати з інтересамт самої мережі, що робить таку мережу нежиттєздатною, і в перспективі це може призвести до того, що більшість користувачів просто перестануть нею користуватися. Тому постає проблема у стимулюванні користувачів таким чином, щоб корисна для них поведінка ставала запорукою існування мережі в цілому. Необхідно якомога більше зблизити інтереси користувачів та мережі, а також зменшити вплив деструктивної поведінки учасників мережі.

**Модель мережі.** Будемо розглядати модель системи, яка базується на використанні понять теорії графів. В цій моделі вершини графу відповідають користувачам мережі, дуги відображають взаємовідношення між її користувачами, а нагорода, яка надходить до мережі, поширюється дугами графу. Користувачі мережі розділяються на 2 типи: *автори* та *підписники*. Автори є учасниками мережі, які виробляють певний контент, що може бути цікавий підписникам. Підписники можуть формувати зв'язки у мережі, підписуючись на авторів, які продукують цікавий їм матеріал. Також деякі підписники можуть бути джерелами винагороди, тобто через них у мережу буде потрапляти нагорода, яку необхідно розподілити відповідно до існуючих зв'язків.

**Стратегія розподілу нагород** у мережі має бути такою, що буде приводити до отримання учасниками мережі, що поведуть себе корисним для мережі чином, більшої частки винагороди у порівнянні з іншими. Логічним є припущення, що чим більше у автора є підписників,

тим більше нагороди він повинен отримувати (велика кількість зв'язків говорить про популярність та більший інтерес з боку аудиторії). Залежність повинна бути лінійною або логарифмічною, щоб на початкових етапах невеликі прирости користувачів давали більший приріст нагороди. А чим більш популярним стає автор, тим простіше йому наростити нову аудиторію, і відносно невеликі прирости вже не повинні давати такий значний результат, як раніше. Інше припущення базується на тому, що ранні за часом («старі») зв'язки повинні мати більше значення. Це означає, що автор продовжує залишатися цікавим протягом довгого часу. Це буде стимулювати авторів зберігати підписників, утримувати їх підтримкою якості свого контенту на належному рівні.

Підписників потрібно стимулювати підписуватися на більш цікавих і перспективних авторів. Якщо вимірювати цей показник тільки кількістю зв'язків, то буде виділена якась множина авторів, на яку буде вигідно підписуватися всім, і з часом такий перекіс буде ставати більш явним, і уся мережа зосередиться навколо них. Цьому можна завадити, враховуючи час підписок таким чином, щоб ранні підписки давали більше нагороди. Це спонукатиме підписників підтримувати тих авторів, які можуть стати популярні в майбутньому. І навпаки, треба деяким чином давати менше нагороди новим підписантам найбільш популярних артистів. Бо їх привабливість є очевидною, і нові його підписники не дають багато нової інформації про цікавих авторів. Це буде більше стимулювати підписників підтримувати перспективних, але поки непопулярних авторів. Тобто давати більшу нагороду першим підписникам, які підтримували конкретного успішного автора до того, як він став загальновідомим (малочисельні фани нових авторів в подальшому повинні мати переваги при отриманні винагороди – відносна її кількість повинна збільшуватись із зростанням популярності автора). Чим більше зв'язків формує підписник, тим менш значущими вони повинні бути. Потрібно стимулювати підписників фокусуватися на найбільш цікавих авторах, а не просто підписуватися на якомога більшу їх кількість. Така поведінка має призводити до зменшення отримуваної нагороди. Для додаткового гарантування відсутності підписників з надвеликою кількістю зв'язків можна просто обмежити кількість можливих зв'язків, доступних підписнику. Також можна збільшувати цей ліміт з часом, щоб список цікавих авторів міг бути розширений тільки в майбутньому, а не одразу після приєднання до мережі. Наявність єдиного зв'язку для підписника також не є дуже корисною, тому що вона не створює нових шляхів між іншими вузлами, тобто не дає нову інформацію про близькість вузлів. Тому потрібно накладати також і обмеження на мінімальну кількість зв'язків.

**Види мереж, які використані для моделювання стратегій.** Найбільш простим та зрозумілим варіантом побудови мережі є випадковий вибір зв'язків. Така модель *випадкового графу* має назву модель Ердоша-Рені. Реальні мережі мають деякі спільні характеристики. Роботи [1, 2] дають огляд цих властивостей.

*Деревоподібні мережі.* Кількість ребер росте лінійно від кількості вузлів.

*Мережі з домінуючою компонентою* - мережа може бути розділена на декілька компонент, але одна з них представляє більшу частину мережі.

*Безмасштабні мережі (scale-free network)* – такий тип мереж, у яких розподіл степенів вершин асимптотично підкоряється ступеневому закону.

*Мережа «тісний світ».* Простий випадковий граф характеризується короткими відстанями між вузлами, але має малий коефіцієнт кластеризації. Аналіз реальних мереж показує, що вони мають значно більший коефіцієнт кластеризації та менші відстані між вузлами. Для створення мереж з такими властивостями існує модель Воттса-Строгаца. Такі мережі мають назву «тісний світ», бо у них відстані між вузлами є невеликими у порівнянні із розміром мережі.

*Мережі переважного приєднання.* Багато мереж реального світу характеризуються тим, що є невелика кількість вузлів, які мають надвелику кількість зв'язків порівняно з іншими. Тобто існують певні хаби (центри груп), які концентрують навколо себе багато інших учасників. Для відтворення такої властивості існує модель Барабаші-Альберт.

**Розробка стратегії розподілу.** В якості базової стратегії була взята та, що розглядається у [3]. Тобто нагорода розподіляється хвилями. Коли нагорода потрапляє у певну вершину, частина її надається цій вершині, а залишок рівномірно розподіляється між її сусідами за виключенням тих, що вже приймали участь у розповсюдженні цієї частки на попередніх хвилях, і процедура повторюється далі.

Стратегія розподілу, запропонована в [3], розширена наступним чином. По-перше, нагорода не розподіляється рівномірно між сусідами. Замість цього введені вагові коефіцієнти, пропорційно до яких буде розподілятися залишок нагороди, що виходить із вершини. Ці вагові коефіцієнти і мають залежати від характеристик вершин і для кожного з типів вершини процедура розрахунку коефіцієнтів повинна проводитись окремо. Для врахування часу у вагові коефіцієнти для обох типів користувачів включено множник, що залежить від *давності* створення зв'язку, по якому нагорода потрапляє у наступну вершину (кількість часу між поточним моментом та моментом утворення зв'язку). Також

додано множник, що залежить від кількості зв'язків. Загальний вигляд коефіцієнту вершини при розподілі винагород:  $r(k, t) = r_1(k) \cdot r_2(t)$ , де  $k$  – кількість зв'язків у вершині,  $t$  – давність зв'язку, по якому нагорода потрапляє у вершину.

Для часу зв'язків пропонується множник у вигляді логарифму давності, щоб не створювати занадто великий дисбаланс у сторону старих зв'язків:  $r_2(t) = \ln(t)$ . Для авторів кількість зв'язків не потрібно якимось обмежувати, бо чим більше зв'язків, тим більшою є популярність, і тим більше нагороди було б логічно віддавати саме таким авторам. Тому у коефіцієнт для авторів необхідно включити множник, пропорційний до кількості зв'язків:  $r_1(k) = Bk$ , де  $B$  – деякий дійсний коефіцієнт пропорційності.

Для підписників введено коефіцієнт, який надає перевагу помірному значенню кількості зв'язків та штрафував занадто малу чи велику кількість зв'язків. Таким вимогам відповідає така формула обрахунку кое-

фіцієнтів підписників:  $r_1(k) = \left(\frac{k}{C}\right)^D e^{-\left(\frac{k}{C}\right)}$ , де  $C, D$  – деякі дійсні кое-

фіцієнти.

**Експерименти для перевірки гіпотез.** Було проведено моделювання для графів різних типів та визначена 1) залежність кількості отриманої винагороди від кількості зв'язків авторів та підписників; 2) залежність кількості винагороди від давності існування зв'язків авторів та підписників.

## Література

1. Guillaume J. Bipartite graphs as models of complex networks / J. Guillaume, M. Latapy. // CAAN. – 2004. – С. 215–221.

2. Newman M. Random graphs with arbitrary degree distributions and their applications / M. Newman, S. Strogatz, D. Watts. // Phys. Rev. E. – 2001. – №64.

3. Анищенко К.М., Жданова Е.Г., Скорик В.А., Сперкач М.О. Исследование возможностей злоупотреблений в децентрализованных сетях с распределением награды // INNOVATIVE SOLUTIONS IN MODERN SCIENCE. – 2019. – №2. – с. 46–62.

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ В ТЕРМОДИНАМІЧНИХ СИСТЕМАХ РІЗНОЇ ПРИРОДИ**

С.О. Заїка, А.Т. Лобурець

*Полтавський національний технічний університет*

*імені Юрія Кондратюка, Україна*

Швидкий ріст величезного об'єму наукових знань, що накопичується в електронній формі, супроводжується складнощами в доступі користувачів. Це пов'язано з різноманітністю типів інформації, обробкою та інтерпретацією експериментальних результатів. Тому існує необхідність створення спеціальних інформаційних ресурсів. Нас цікавить проведення досліджень теплофізичних властивостей термодинамічних систем, що є важливою фундаментальною проблемою сучасних фізики і хімії. Вирішення таких задач стає можливим лише за наявності надійних експериментальних даних. Це дає можливість здійснювати побудову таких моделей, які дозволяють адекватно описувати поведінку систем в широкому інтервалі параметрів стану. Ця обставина породжує проблему достовірності та узгодженості результатів, що стосуються однакових систем або цілих класів систем, одержаних різними авторами. Часто такі дані носять досить обмежений характер або ж вони відносяться до різних діапазонів термодинамічних параметрів. Тому існує проблема розвитку методик здійснення достовірної оцінки на основі обмеженого об'єму експериментальної інформації. При реалізації таких задач стає необхідним виконання експертної оцінки існуючого масиву експериментальних результатів з добре обґрунтованим вибором рекомендованих значень і оцінки погрешностей, опрацювання різноманітних даних з використанням моделей. Тут виникає потреба використання таких інформаційно-аналітичних систем, які здатні надати можливість оперативно і з достатньою точністю одержувати дані при довільних значеннях температур, тисків і складів.

Важливою проблемою природничих і технічних наук залишається створення фізично точної моделі системи «рідина – газ», яка однаково добре працювала б у всьому температурному діапазоні існування парорідинної рівноваги індивідуальних речовин чи їх сумішей. Методи термодинаміки не дозволяють вирішити цю проблему без використання результатів відповідних експериментальних досліджень термодинамічних

властивостей реальних речовин. До цього часу залишаються не вивченими критичні характеристики переважної більшості металів, за винятком лужних і ртуті. Значення критичних характеристик металів різними авторами було одержано лише теоретично на основі ідеалізованих модельних уявлень. Ця інформація часто є лише оціночною, адже результати залежать від вибору авторами моделей та гіпотез. Можна стверджувати, що повної відповіді на питання про природу критичних явищ все ще немає. Існують незаперечні експериментальні факти, які погано вписуються у сучасну теорію. Окрім фундаментального інтересу до наукових знань, що приводять до розуміння механізмів виникнення явищ, характерних для металевих рідких фаз, не менш важливим є безпосереднє практичне значення цих знань. Як впливає зі сказаного, на заваді вирішення сформульованих вище проблем стоїть в тому числі й інформаційний голод. Хоча останнім часом у світі розробляються і використовуються спеціалізовані комерційні пакети програм, що дозволяють отримувати інформацію про теплофізичні властивості деяких класів речовин і матеріалів, але, як відмічають автори [1], досвід їхнього використання свідчить про наявність істотних недоліків. Вони не дають доступу до таблиць первинних експериментальних даних, не дозволяють вибирати моделі для їхньої обробки, а використані моделі часто є недостатньо фізично обґрунтованими [1]. Не зважаючи на попередні зауваження, немає сумнівів у тому, що інтеграція інформаційних ресурсів у єдине інформаційне середовище та організація доступу до обчислювальних ресурсів є одним із найважливіших напрямів розвитку сучасних інформаційних технологій. Важливою проблемою є обмін інформацією між розробниками і споживачами наукової інформації. Традиційна система публікації результатів наукових напрацювань (статті, монографії, довідники) не забезпечують високі темпи розвитку високотехнологічних галузей [1]. З метою вирішення проблеми розробляються та використовуються спеціальні інформаційні системи. Вважається, що найбільшого прогресу в питаннях інформаційного обміну досягнуто в Японії та США [2, 3]. В різних країнах здійснюються кроки в напрямі міжнародної інтеграції інформаційних ресурсів [4]. На жаль, як правило, всі ці бази даних локалізуються в лабораторіях чи наукових центрах і є недоступними для зовнішніх користувачів. Таким користувачам доводиться самостійно створювати під свої конкретні задачі відповідні бази даних. В епоху комерціалізації наукової інформації такий підхід має свої недоліки і переваги. В першу чергу, це велика затрата часу на створення бази та недоступність багатьох ресурсів. З іншого боку, це зобов'язує до дуже серйозної роботи з науковою літературою (її детальне



вивчення і критичне осмислення перед занесенням до бази даних). Таким чином, користувач змушений сам проводити експертизу публікацій на власний розсуд і очевидно, що результат буде залежати від його кваліфікації. При цьому він не буде в своїй роботі скованим ніякими шаблонами. Далі можна скористатися навчальним посібником для зберігання даних ETL [4].

### **Література**

1. Барахнин В.Б. Информационные технологии для задач теплофизических свойств веществ / В.Б. Барахнин, Ю.И. Молородов, С.В. Станкус, А.М. Федотов / Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2013. – С. 24–32.
2. NMS Materials Database. – Режим доступа: [http://mits.nims.go.jp/db\\_top\\_eng.htm](http://mits.nims.go.jp/db_top_eng.htm).
3. NIST Materials Database. – Режим доступа: <http://www.mst.gov/chemistry-portai.cfm>.
4. Dudarev V.A. Virtual integration of the Russian and Japanese databases on properties of inorganic substances and materials / V.A. Dudarev, N.N. Kiselyova, Y. Xu, M. Yamazaki / Proc. MITS-2009. Symposium on Materials Database (NIMS). – 2009. – P. 37–48.
5. Kimball R. The Data Warehouse ETL Toolkit: Practical Techniques for Extracting, Cleaning, Conforming, and Delivering Data / R. Kimball, J. Caserta. – Wiley: Wiley Publishing, 2004. – 491 p.

УДК 004.04+004.4'6+004.5

### **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДВІДУВАННЯ КОНСУЛЬТАЦІЙ СТУДЕНТОМ, ПРАЦЮЮЧИМ НАД КУРСОВИМ ПРОЕКТОМ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

*А. І. Антонюк, О. А. Антонюк, В. В. Русінов  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», Україна*

Студентське життя дуже насичене: навчання, суспільне життя, спорт, зустрічі з друзями. Постійний дефіцит часу в цьому колі. При цьому є заняття, час виконання яких студент може планувати, наприклад, курсовий проект. Це самостійна робота студента, при виконанні

якої студент періодично відвідує консультації викладача. Консультації потрібні для того, щоб викладач оцінив обсяг та якість виконаної студентом роботи. За підсумками оцінки студентові нараховуються рейтингові бали. Тривалість роботи студента над проектом звичайно 3 місяці, а тривалість однієї консультації може тривати кілька годин (наприклад, 1 година — поїздка в інститут, 1 година — власне консультація і 1 година — повернення додому). При цьому тривалість проведення консультації носить випадковий характер і може змінюватися з незалежних від студента причин. Наприклад, можуть виникнути транспортні проблеми («корки» на дорогах або аварії транспортних засобів), або викладач зайнятий іншою роботою, або консультує іншого студента. В результаті наш студент змушений чекати своєї черги. Якщо студент прийняв правильні рішення, то консультація може скоротитися до кількох хвилин. Якщо студент упевнений в правильності прийнятих рішень, він може пропустити чергову консультацію, оскільки, з його точки зору, очікування в черзі та відвідування консультацій супроводжуються втратами часу. У сучасних умовах загальної гіподинамії втрачений час краще присвятити заняттям спортом.

З іншого боку, в процесі роботи над проектом можуть виникнути випадкові аварійні ситуації. Наприклад, з технічних причин вийшов з ладу комп'ютер, на якому виконується проект, або комп'ютер постраждав від «вірусної атаки», або «людський чинник» - студент випадково видалив файл з проектом. В цьому випадку роботу доводиться розпочинати з початку або з моменту останньої консультації, тобто настає період відновлення проекту, а це теж втрачений час.

Описана вище схема учбового процесу подібна до одного з основних способів забезпечення збереження інформації - методу контрольних точок або резервному копіюванню даних [1-2]. Виходячи з цього уточнимо задачу. Консультації - це створення контрольних точок в роботі над проектом, а відновлення проекту після аварійної ситуації - це відновлення інформації зруйнованої частини проекту. Резервне копіювання інформації проекту може здійснюватися на зовнішні НМД або може використовувати «хмарні» технології. Студент сам вирішує, коли відвідувати консультації, з його точки зору, період відвідування консультацій є елементом управління. У вказаних умовах перед студентом постає задача - як часто ходити на консультації, щоб втрати часу були мінімальними, а рівень готовності проекту був достатньо високий.

Задача про визначення оптимального періоду запам'ятовування в системах з випадковими відмовами двох типів (руйнівних та неруйнівних щодо інформації) розглядалася в [3], де автором встановлена залежність, що визначає оптимальний період запам'ятовування  $t$  як функцію

від інтенсивностей  $a$  - руйнівних відмов та  $b$  - неруйнівних відмов, середньої тривалості відновлення  $t_b$  - руйнівних відмов та  $t_d$  - неруйнівних відмов, тривалості відновлення  $t_c(a)$  - неруйнівних відмов, що настали на інтервалі відновлення після руйнівних відмов, і від середньої тривалості запам'ятовування  $t_g$ . Постановка задачі, прийнята в [3], відповідає процесу створення контрольних точок при виконанні окремого проекту і може бути використана для моделювання процесу роботи над курсовим проектом.

В роботі [4] також ставиться задача встановити залежність величини періоду відвідування консультацій від параметрів учебного процесу при розробці курсового проекту. У цій роботі головна увага приділяється руйнівним відмовам, а інтенсивність неруйнівних відмов дорівнюється нулю і встановлюється залежність оптимального періоду запам'ятовування  $t$ , кількості резервних копій  $n$  та поколінь копій  $k$ , які потрібні для забезпечення  $Q_0$  - заданого рівня ймовірності безвідмовної роботи над проектом. В роботі [4] передбачається, що студент зберігає всю інформацію на своєму комп'ютері і самостійно опікується створенням резервних копій своєї інформації, тобто головною задачею є збереження наявної інформації.

В наш час студенти широко використовують «хмарні» технології - вони розміщують свою інформацію щодо курсового проекту не на своєму комп'ютері, а на сервері постачальника «хмарних» послуг. В цьому випадку процесом створення резервних копій опікується постачальник «хмарних» послуг, а студент звільняється від цієї роботи. Тобто інформація зберігається в одному надійному місці, ймовірність втрати інформації майже дорівнює нуля і студент не залежить від надійності роботи свого комп'ютера, бо може працювати над проектом з будь-якого комп'ютера. В цих умовах головною задачею стає планування часу роботи над проектом з врахуванням лише неруйнівних відмов. Якщо інтенсивність руйнівних відмов дорівняти нулю, то отримуємо асимптотичну формулу для визначення оптимального періоду відвідування консультацій  $t$ :

$$t = \frac{2}{b} \ln\left(1 + \sqrt{\frac{bt_g}{1 + bt_d}}\right)$$

де  $b$  - інтенсивність неруйнівних щодо інформації проекту відмов, тобто всі випадки, які припиняють роботу над проектом і примушують

студента відновлювати умови чи обставини роботи над проектом;  $t_g$  - середня тривалість проведення консультації;  $t_d$  - середня тривалість відновлення роботи над проектом. Використання наведеної формули дозволяє студентів обгрунтовано планувати час роботи над проектом.

### **Література**

1. Кульба В.В. Анализ стратегий резервирования информационных массивов в АСУ. – В кн.: Сборник трудов Института проблем управления. – М.:1977, вып.14, С.20-32.
2. Горловой А. Эволюция и перспективы резервного копирования данных [Электронный ресурс] / «Экспресс-Электроника». – 2003, №06. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/veeam/blog/242983>.
3. Бродецкий Г.Л. Об одной задаче периодического запоминания результатов. - К.; Кибернетика, 1974, №5, С. 70-74.
4. Антонюк А.И., Бурачик А.А. Моделирование процесса посещения консультаций студентом, работающим над курсовым проектом / Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2016: Одинадцята міжнародна науково-практична конференція, 27 червня – 1 липня 2016 р.: тези доповідей. – Жукин, 2016. – С. 307-311.

УДК 378.146

## **ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАГІНУ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ КОМПЕТЕНТІСНОГО ПІДХОДУ В СИСТЕМІ MOODLE**

О.С. Работай, О.В. Трунова

*Чернігівський національний технологічний університет*

Однією з нагальних проблем сучасних ВНЗ є організація процесу вимірювань компетенцій, з використанням автоматизованих систем і ресурсів. У системі електронного навчання Moodle реалізовано компетентісний підхід, але він вимагає удосконалення, а саме створення плагіну, що надасть можливість впровадити нове структурне рішення для вдосконалення системи, за рахунок розширення можливостей для студентів та викладачів. Завдяки чому можна очікувати поліпшення не лише якості навчання студентів, а й якості роботи викладачів при застосуванні компетентісного підходу.

На основі знань про архітектуру Moodle ми можемо приступити до проектування плагіну. Спочатку треба зрозуміти як повинен працювати

плагін. Для цього треба мати представлення про алгоритм роботи плагіну. Алгоритм роботи має на меті продемонструвати яким чином програмний продукт буде функціонувати рисунок 1.

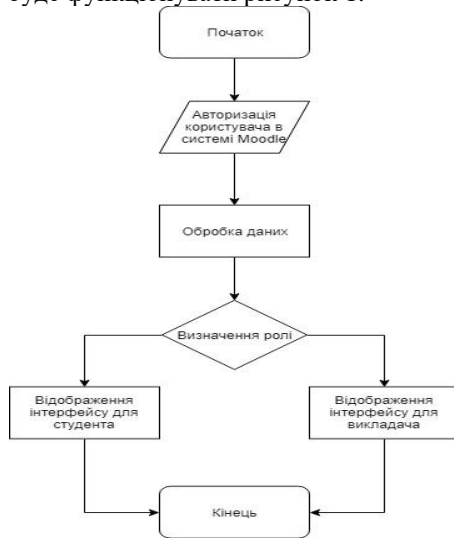


Рисунок 1 – Алгоритм роботи плагіну (розроблено автором)

Moodle має модульну архітектуру, що означає, що крім вбудованих модулів можлива ще й розробка сторонніх розширень[1].

Додавання нових можливостей йде шляхом додавання коду в логічні шари Moodle в UI, і в бібліотеки. При цьому модуль так само може використовувати код іншого модуля, якщо той надає таку можливість. Так само модуль може використовувати БД Moodle на пряму, але при цьому виконання всього SQL тоді буде здійснюватися з правами системи: дозволений повний доступ до всіх даних на запис і читання. При наявності відповідного API, підхід із застосуванням прямих запитів вважається невдалим і небезпечним як для архітектури самого модуля, так і системи в цілому[4].

З точки зору Moodle всі користувачі системи однакові, і не діляться на «студентів» і «викладачів». Один і той же користувач може бути «викладачем» в одному курсі і «студентом» в іншому. Різниця в правах користувачів досягається за допомогою системи ролей – наборів прав, об'єднаних під одним ім'ям. За замовчуванням в Moodle створюються такі ролі:

Адміністратор (Administrator) – необмежені права.

Творець курсу (Course creator) – не може змінювати налаштування сайту, але може створювати курси і змінювати їх вміст,

Викладач (Teacher) – може проводити в курсі будь-які дії, пов’язані з безпосередньою роботою викладача (додавати і видаляти матеріали, виставляти оцінки і т.д.),

Викладач без права редагування (Non-editing teacher) – права збігаються з правами викладача, за винятком можливості змінювати вміст курсу,

Студент (Student) – має базовий набір прав, що дозволяє працювати з матеріалами курсу.

Зареєстрований користувач (Authenticated user) – мінімальний набір прав, що дозволяє користуватися загальнодоступними ресурсами системи і записуватися на курси,

Гість (Guest) – самий обмежений набір прав, що дозволяє переглядати ресурси, призначені для гостя, але не має можливості брати участь в навчанні[3].

Як було описано вище Студент має базовий набір прав. На основі цих прав він зможе бачити перелік його компетенцій курсу в деревовидній структурі. При цьому можна спостерігати відображення які з них завершені а які ні рисунок 2 а.

Роль Вчителя буде відображати перелік підтверджених та непідтверджених компетенцій всіх студентів які зареєструвались в даному курсу. Також він матиме змогу дивитись карту компетенцій для даного курсу рисунок 2 б.

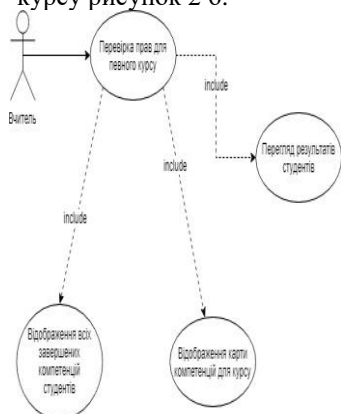


Рисунок 2 а – Use-case діаграма для актора Студент (розроблено автором)

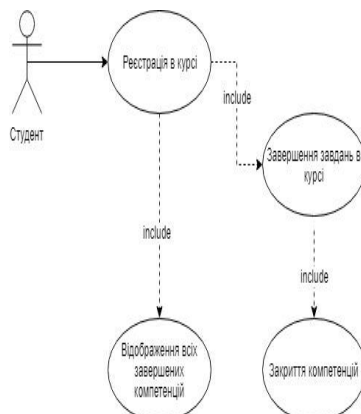


Рисунок 2 б – Use-case діаграма для актора Вчитель (розроблено автором)

Спираючись на розроблене проектування було реалізовано плагін для системи Moodle. Який значно покращив роботу з модулем компетенцій завдяки впровадженню функціоналу користувацького інтерфейсу для визначених ролей в курсах навчання Moodle.

### **Література**

1. Moodle Gradebook/ R. Barrington – Packt Publishing, 2013. – 118 с.
2. Le module Référentiel pour l'évaluation et la certification des compétences [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://moodlemoot2009.insa-lyon.fr/course/view.php?id=24>.
3. Система електронного навчання ВНЗ на базі MOODLE : методичний посібник / Ю. В. Триус, І. В. Герасименко, В. М. Франчук / за ред. Ю. В. Триуса. – Черкаси, 2012, – 220 с.
4. Щербина О. А. Модуль «Репозиторій компетентностей» для системи управління навчанням Moodle // Вісник післядипломної освіти : зб. наук. праць / Ун-т менедж. освіти НАПН України, редкол.: О. Л. Ануфрієва [та ін.]. – Вип. 7 (20) / голов. ред. В. В. Олійник. – К. : «АТОПОЛ», 2012. – С. 244-251.

УДК 004.056.5

## **СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КІБЕРНЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Скітер Ігор Семенович,

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України,*

Трунова олена Василівна

*Чернігівський національний технологічний університет,*

Управління кібербезпекою об'єктів критичної інфраструктури вважається як управління системою, що складається з множини територіально розподілених елементів, кожний з яких функціонує за власними законами та здійснює вплив на інші елементи системи.

Необхідність моніторингу та інтеграції великої кількості різноманітної динамічної інформації, що характеризує стан кожного елемента і системи у цілому, виявлення зв'язків і закономірностей їх взаємного впливу з урахуванням комплексу зовнішніх та внутрішніх загроз, прийняття обґрунтованих оперативних стратегічних рішень по забезпеченню безпеки в режимі реального часу, передбачає створення єдиної комплексної автоматизованої системи управління кібербезпекою об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ).

Модель взаємодії елементів інформаційної системи об'єкту критичної інфраструктури приведена на рис. 1.

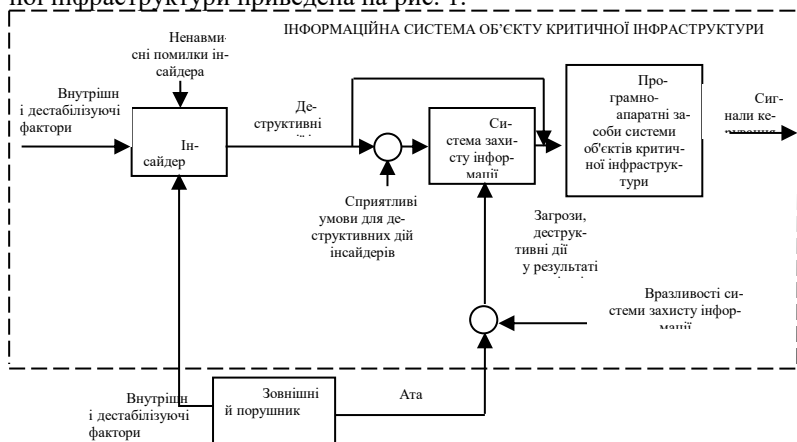


Рис. 1. Модель взаємодії елементів інформаційної системи об'єкту критичної інфраструктури

Система управління кібербезпекою ОКІ повинна забезпечити стійке, живуче і безпечне функціонування об'єктів критичної інфраструктури; безпеку навколишнього середовища; захист інтересів особистості, суспільства і держави, а також споживачів послуг.

Під системою управління кібербезпекою ОКІ розуміється комплексна організаційно-технічна система, що виконує функції аналізу стану, контролю, моніторингу та забезпечення безпеки як окремих функціональних елементів і процесів, так і системи в цілому.

Метою системи є забезпечення такого рівня кібербезпеки, при якому загрози й ризики знижені до мінімально прийнятного рівня.

Основні цілі створення центру кібербезпеки (ЦКБ) ОКІ:

- підвищення ефективності прийняття управлінських рішень за рахунок впровадження нових інструментів управління кібербезпекою;
- забезпечення всіх учасників достовірною та оперативною інформацією за рахунок формування єдиного інформаційного простору;
- масштабування, інтеграція систем кіберзахисту, розвиток інструментів збору та аналітичної обробки інформації.

Основні функції і задачі ЦКБ ПЕК приведені на рис. 2.



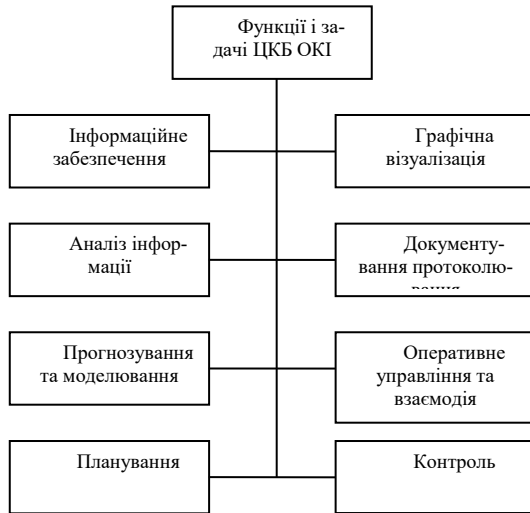


Рис. 2. Основні функції і задачі ЦКБ ОКІ

Розробка ЦКБ ОКІ повинна здійснюватися на основі таких базових принципів:

- інтеграція і консолідація даних;
- централізоване ведення метаданих і нормативно-довідкової інформації;
- уніфікація взаємодії, відкритість і еволюційність;
- масштабованість, модульність, живучість.

Організаційно-технічна модель системи управління кібербезпекою ОКІ складається із двох зон та відповідної взаємодії між ними:

**Кібер-центр (CyberCenter)** –централізована зона узгодженої агрегації і інформації та сервісів; управляється одним центральним (або декількома) суб'єктом системи; забезпечує функціонування централізованих кіберсервісів.

**Кібер-мережа (CyberNet)** –децентралізована зона, представлена галузевими установами-суб'єктами системи. Суб'єкт CyberNet є постачальником визначеної інформації про події у власному кіберпросторі до CyberCenter через пристрої безпеки

Організаційна, технологічна та інформаційна взаємодія обох зазначених зон (CyberCenter, CyberNet) є ключовою умовою функціонування Галузевої системи управління кібербезпекою ОКІ

(CyberInfrastructure- iCyber) здійснює реалізацію заходів попередження, управління та усунення кіберзагроз, обміном інформацією про події у кіберпросторі.

Структурна схема галузевого Центру ОКІ показана на рис. 3. Об'єктами кіберзахисту є об'єкти критичної інформаційної інфраструктури:

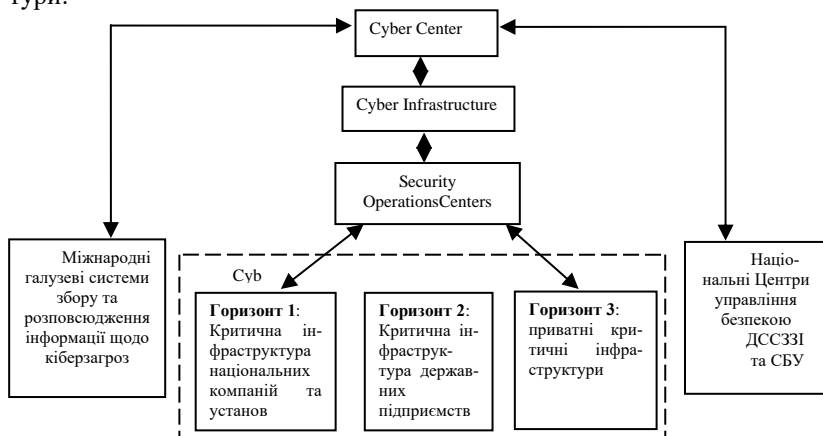


Рис.4. Структурна схема галузевого центру кібербезпеки ОКІ

Масштабування iCyber здійснюється за рахунок поступового та спланованого збільшення кількості суб'єктів зони CyberNet, їх підключення до CyberCenter, та налагодження взаємодії. Для управління цим процесом CyberNet розподіляється на логічні горизонти. **Перший горизонт** - державні органи влади, що підпорядковані галузевим об'єктам критичної інфраструктури. **Другий горизонт** - критична інфраструктура державних підприємств. **Третій горизонт** - приватні критичні інфраструктури, котрі взаємодіють із другим та першим горизонтом через відповідні електронні комунікації тощо. Кожен горизонт CyberNet, а в деяких випадках його окремих суб'єкт, має власну специфіку підключення та порядок взаємодії із CyberCenter.

CyberCenter як центральний агрегатор інформації та центральна ланка Галузевої Системи Кібербезпеки здійснює взаємодію із міжнародними галузевими системами збору та розповсюдження аналітичної та статистичної інформації щодо кіберзагроз (системи кібераналітики). Ключовою ланкою взаємодії є інформаційно-технічна взаємодія Галузевої Системи Кібербезпеки зі створеними національними Центрами управління безпекою ДСС331 та СБУ (специфіка обміну та даних встановлюється відповідними протоколами взаємодії).

Управління горизонтами здійснюється через Галузеві центри управління кібербезпекою (Security Operations Centers), котрі створюються відповідно до специфіки галузі (наприклад для паливно-енергетичного комплексу України це ДП "Національна енергетична компанія «Укренерго», ДП "Національна атомна енергогенеруюча компанія "Енергоатом", Національна акціонерна компанія "Нафтогаз України", вугільна промисловість).

Система централізованого моніторингу та детектування мережевих аномалій забезпечує телеметрію з приладів, що розташовані в державних підприємствах та об'єктах критичної інфраструктури. У якості сенсорів (датчики) передбачається використання існуючого мережевого обладнання, що встановлене на Інтернет-периметрі відповідних підприємств та об'єктів критичної інфраструктури. У якості протоколу збору телеметрії використовується NetFlow або аналоги.

Система централізованого попередження атак нового покоління детектує та блокує мережеві атаки та шкідливий код. В залежності від режиму може використовуватися як пасивний сенсор тільки для детектування кібератак (Intrusion Detection System), або в активному режимі для блокування та попередження атак (Intrusion Prevention System).

Система централізованого детектування та аналізу шкідливого коду перехоплює екземпляри шкідливих програм, аналізує вірусний код, стримує та блокує розповсюдження шкідливих програм. Для виявлення нових екземплярів шкідливих програм дана система може використовувати хмарні технології та технології Big Data.

До інших додаткових централізованих функцій відносяться системи забезпечення спостережності подій та інцидентів безпеки, а також активного попередження складних цільових атак.

## Література

1. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України»;
2. Указ Президента України від 13.02.2017 р. №32/2017 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 29 грудня 2016 року «Про загрози кібербезпеці держави та невідкладні заходи з їх нейтралізації»;
3. ДСТУ ISO/IEC TR 13335-1:2003. Інформаційні технології. Настанови з керування безпекою інформаційних технологій (ІТ). Частина 1. Концепції й моделі безпеки ІТ;
4. ДСТУ ISO/IEC 13673:2009. Інформаційні технології. Оброблення документів і пов'язане з ним пересилання даних. Тестування на відповідність систем стандартної мови узагальненої розмітки (SGML);

5. ДСТУ ISO/IEC 27001:2010. Інформаційні технології. Методи захисту. Системи управління інформаційною безпекою. Вимоги;

6. ДСТУ ISO/IEC 27001:2014. Інформаційні технології. Методи безпеки. Системи менеджменту інформаційною безпекою. Вимоги;

УДК 004.043

## **НЕЙРО-ІМУННИЙ АЛГОРИТМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕСТАНДАРТНОЇ ПОВЕДІНКИ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ**

В.В.Литвинов\*, І.С.Скітер\*\*, А.Г.Гребенник\*\*

*\* Чернігівський національний технологічний університет*

*\*\* Інститут проблем математичних машин і систем НАН України*

З метою підвищення ефективності та швидкодії систем виявлення вторгнень (СВВ) і систем виявлення зловживань (СВЗ) ставиться завдання побудови систем захисту з використанням інтелектуальних методів, що моделюють поведінку зловмисників. До них відносять методи і моделі штучного інтелекту, генетичні алгоритми, імунні моделі, нейромережіві моделі [1]. Використання вказаних методів для якісного визначення аномальної поведінки мережі вимагає значних обчислювальних і часових ресурсів. Це призводить до необхідності розробки спеціалізованих засобів для автоматизації процесу виявлення аномальних подій в мережі.

Найбільш перспективними підходами для вирішення зазначених проблем можуть бути методи засновані на біологічному моделюванні штучного інтелекту - імунні системи (Artificial Immune System - AIS) [2], нейронні мережі (Artificial Neural Networks - ANN) [3], а також їх комбінації.

Застосування нейронних мереж як інструменту аналізу в режимі реального часу найбільш ефективно при використанні мереж Кохонена на базі методу «Winner Takes All» (WTA) [4]. Це дає можливість виявляти нестандартну поведінку мережі, аномалії, вторгнення і атаки шляхом порівняння поточних станів системи з «ідеальними».

Реальні імунні системи (AIS) стосовно до сфери інформаційних технологій [5] є розподіленими і відносно невимогливі до обчислювальних ресурсів. Саме ці властивості можуть забезпечити максимальну ефективність проєктованих систем виявлення аномальної поведінки (СВАП). СВАП для одного сегмента мережі, побудована на принципах штучної імунної системи, умовно можна розділити на основну і набір

вторинних. В основній СВАП на базі AIS імітуються два процеси - еволюція генної бібліотеки і негативна селекція.

На етапі еволюції генної бібліотеки відбувається накопичення інформації про характер аномалій мережевого трафіку. Генна бібліотека штучної імунної системи повинна містити "гени" (наприклад, дані про параметр трафіку) на підставі яких генеруються програмні агенти - детектори. Початкові дані для формування генної бібліотеки вибираються, виходячи з особливостей застосовуваних мережевих протоколів, зокрема їх слабких, з точки зору захисту, місць.

На другому етапі шляхом довільного комбінування "генів" відбувається генерування пре-детекторів, які потім за допомогою механізму негативної селекції перевіряються на несумісність з нормальним мережевим трафіком. При цьому використовуються дані про характер такого трафіку (профілі), що формуються автоматичним профайлером (automated profiler), постійно аналізують потік даних, що надходить від маршрутизатора, який стоїть на вході в мережевий сегмент [6]. Кінцевою метою в цьому випадку є створення обмеженого набору детекторів, за допомогою якого можна було б виявити максимальне число мережевих нестандартних подій.

При виявленні нестандартної поведінки відбувається клональна селекція - відповідний їй детектор "розмножується" і розсилається на всі вузли. Остаточне ж рішення про вторгнення в мережу приймається на підставі даних від декількох вузлів. При фіксуванні детекторами нестандартної поведінки відразу на декількох вузлах протягом короткого проміжку часу рівень ризику зростає і при досягненні заданого порогу відбувається оповіщення адміністратора мережі.

Застосування комбінації AIS і ANN пов'язано з тим, вони обидві здатні вивчати динаміку і статистичні властивості системи. Для досягнення максимальної ефективності в них необхідний підбір значень керуючих параметрів, тощо.

Структура системи виявлення аномального поведінки (СВАП) розроблена на основі принципів роботи AIS і ANN включає в себе: модуль аналізу трафіку, модуль навчання, модуль виявлення нестандартної поведінки і модуль прийняття рішень та оповіщення (рис.1).

Модуль аналізу трафіку в заданому вузлі мережі проводить перехоплення і статистичну обробку параметрів трафіку за певний часовий інтервал. Результати обробки трафіку формуються у вигляді статистичного масиву.

Модуль навчання використовує алгоритм негативного відбору і включає в себе генерацію детекторів, їх навчання та відбір. На виході

модуля формується робоча популяція детекторів, налаштована на аналізовану інформаційну мережу. Сформований набір детекторів з високою точністю визначає аномальну поведінку трафіку і має низьку частоту помилкових спрацьовувань.

Нейромережевий детектор являє собою нейронну мережу Кохонена. Для його навчання використовується метод навчання без учителя. Для навчання мережі застосовуються механізми конкуренції. При подачі на вхід мережі вектора перемагає той нейрон, вектор ваг якого найбільш схожий з вхідним вектором. Навколо нейрона-переможця утворюється радіус навчання, який визначає кількість нейронів, що змінюють свої ваги в процесі навчання на даній ітерації. Радіус навчання приймає найбільше значення на першій ітерації і поступово зменшується зі збільшенням числа ітерацій таким чином, що в кінці навчання коригує свої ваги тільки нейрон-переможець.

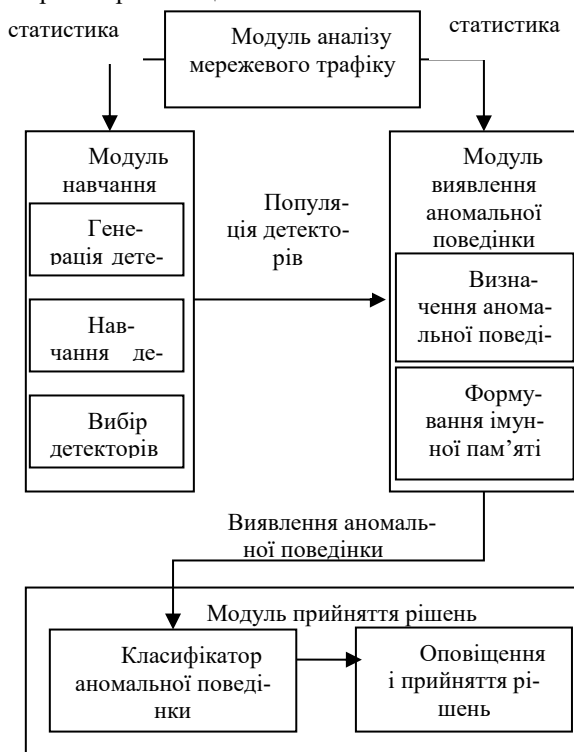


Рис.1. Структура системи виявлення аномальної поведінки (СВАП)

Модуль виявлення нестандартної поведінки аналізує статистику, яка надається модулем аналізу трафіку за допомогою подачі вихідних даних на вхід кожного детектора з робочої популяції. Якщо хоча б один з детекторів реєструє відміну вхідної статистики від нормальних значень - в системі детектується аномальна поведінка. Модуль включає в себе блок детектування нестандартної поведінки і блок формування імунної пам'яті (клонування і мутація детекторів).

Блок детектування може використовувати нейронну мережу на основі багат шарового перцептрону. У режимі виявлення аномалій на вхід детектора подаються вектори статистичної інформації про мережевий трафік. Перший шар нейронних елементів розподіляє вхідні сигнали на нейронні елементи другого (прихованого) шару. Другий шар складається з нейронів Кохонена, які використовують конкурентний принцип навчання і функціонування відповідно до алгоритму WTA. Третій шар складається з двох лінійних нейронних елементів, які використовують лінійну функцію активації і здійснює процедуру остаточного рішення про приналежність об'єкту сканування вектора до нормальної або до аномальної активності. Модуль прийняття рішень виробляє класифікацію нестандартної поведінки (збій, аномалія, атака і т.п.) і видає повідомлення на блок прийняття рішень.

Запропонована ідея використання нейромережевих детекторів в імунному алгоритмі для виявлення нестандартної поведінки мережевого трафіку є ефективною і може бути успішно використана для виявлення нештатних ситуацій і можливих порушень функціонування інформаційної мережі; вибрані параметри мережевої статистики не вимагають для свого формування значних обчислювальних витрат і дозволяють результативно виявляти аномалії трафіку обчислювальної мережі.

Ця робота фінансується проектом NATO SPS Project CyRADARS (Cyber Rapid Analysis for Defense Awareness of Real-time Situation - CyRADARS) - номер грантової угоди: G5286.

## Література

1. V. V. Lytvynov, N. Stoianov, I. S. Skiter, O. V. Trunova, and A. G. Grebennyk, "Analysis of systems and methods for detecting unauthorized intrusions in computer networks," *Mathematical Machines and Systems*, vol. 2, pp. 45–56, 2017 (In Ukraine)
2. L. E. Jim and M. A. Gregory, "A review of Artificial Immune System Based Security Frameworks for MANET," *Int. J. Communications, Network and System Sciences*, vol. 9, pp.1-18, 2016 [Published Online January 2016 in SciRes. <http://www.scirp.org/journal/ijcns> <http://dx.doi.org/10.4236/ijcns.2016.91001>]

3. D. Dasgupta, [S. Yu](#) and [F. Nino](#), “Recent Advances in Artificial Immune Systems: Models and Applications,” *J. Applied Soft Computing*, vol. 11, issue 2, March 2011, pp. 1574-1587.
4. T. Kohonen, *Self-Organizing Maps* (trans. of the third English edition) M.:Laboratoria Znaniy, 2017, 660 p. (in Russian)
5. D. Dasgupta and [F. Nino](#), *Immunological Computation: Theory and Applications*. Auerbach Publications Reference , 2008, 296 p.
6. A. G. Mustafaeva, “Neural network system for detecting computer attacks based on network traffic analysis,” *Voprosy bezopasnosti // vol. 2*, pp. 1–7, 2016 (in Russian)

УДК 004.93

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ МЕТОДАМИ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Г.О. Мадоян

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»*

Значним класом задач, які вирішуються за допомогою нейронних мереж є задачі класифікації. Одна з найдавніших задач, що стоїть перед мережею: розпізнавання об'єкта на зображенні. Передбачається, що правильна відповідь - строго одна, а все інше, що потрапило в кадр - шум.

Найбільш поширеним алгоритмом навчання нейронної мережі є метод зворотного поширення помилки. На основі обраної функції вихідної помилки  $E(y_i, \hat{y}_i)$ , де  $y$  – цільове значення виходу,  $\hat{y}$  – поточне вихідне значення. На кожній ітерації методу виконується коригування ваг кожного шару нейронної мережі за наступною схемою:

$$W_i^{(l)} = W_i^{(l)} + \eta \Delta W_i^{(l)} \quad (1)$$

де  $l$  – номер шару,  $i$  – номер ваги на поточному шарі,  $\eta$  – параметр швидкості навчання.

Величина, на яку проводиться коригування ваг, визначається так:

$$\Delta W_i^{(l)} = -\delta_i^{(l)} \frac{\delta a(Z_i)}{\delta Z_i} y_i^{(l-1)} \quad (2)$$

де  $a(Z)$  – активаційна функція поточного шару,



$Z_i = \sum_{j=1}^N W_j^{(l)} y_j^{(l-1)}$  - зважена сума значень виходів попереднього шару  $y_j^{(l-1)}$ ,  $N$  – кількість нейронів у мережі,  $\delta_i^{(l)}$  – значення параметру похибки.

Параметр похибки визначається наступним чином:

$$\delta_i^{(l)} = \frac{\delta E(y_i, \hat{y}_i)}{\delta \hat{y}_i} \quad (3)$$

(для вихідного шару)

$$\delta_i^{(l)} = \sum_{j=1}^N \delta_j^{(l+1)} w_j^{(l)} \quad (4)$$

(для прихованих шарів)

Для визначення якості роботи нейронної мережі використовують функцію втрат (loss function). Зазвичай за таку функцію обирають евклідову відстань, середньоквадратичну похибку або функцію кросентропії. Мережа вважається навченою, якщо функція втрат набуває мінімального значення. Основна ідея цього методу полягає в поширенні сигналів помилки від виходів мережі до її входів у напрямку, зворотному прямому поширенню сигналів у звичайному режимі роботи мережі. Процедуру зворотного поширення помилки можна застосувати кілька разів, щоб поширити градієнти через усі шари, починаючи з виходу (результату прямого проходження нейронної мережі) і до входів, що подаються в мережу. У процесі навчання нейронної мережі ваги зв'язків між нейронами коригуються на основі методу градієнтного спуску (gradient descent) [1].

*Схема алгоритму*

*Крок 1.* Вагам мережі присвоюються початкові значення.

*Крок 2.* Обирається навчальна пара  $(X, Y)$ ; вектор  $X$  подається на вхід мережі.

*Крок 3.* Обчислюється вихід мережі.

*Крок 4.* Обчислюється різниця між виходом мережі, що вимагається (цільовим,  $Y$ ) і реальним (обчисленим).

*Крок 5.* Вага мережі корегується так, щоб мінімізувати помилку.

*Крок 6.* Кроки з 2-го по 5-й повторюються для кожної пари навчальної множини до тих пір, поки помилка на всій множині не досягне прийнятної величини.

Для коригування вагів реалізуємо модифікацію градієнтного спуску, що є його оптимізацією - метод стохастичного градієнтного спуску, коли на кожній ітерації алгоритму з навчальної вибірки випадковим чи-

ном обирається лише один об'єкт. Таким чином вектор ваг налаштовується кожен раз на новобраний об'єкт. Використовується для прискорення пошуку цільової функції шляхом використання обмеженого за розміром тренувального набору, який вибирається випадкового при кожній ітерації.

Для зменшення часу обчислень алгоритму підвищення швидкодії деякі кроки можуть бути розділені на паралельні задачі і виконуватися паралельно. Це дозволяє вирішувати об'ємні завдання і завдання фіксованої розмірності набагато швидше.

Під час навчання нейронних мереж є потреба в збільшенні швидкості обробки даних за рахунок розпаралелення алгоритму.

### **Дослідження ефективності розпаралелення алгоритму**

Частина алгоритму, що представляє собою стохастичний градієнтний спуск, може бути реалізована паралельно. Є набір тренувальних даних і для них розраховуються ваги. Ці розрахунки є незалежними, тобто обчислення ваг можна виконувати паралельно: одна частина даних оброблюється один процесом, інша – другим і т.д. За рахунок цього можна досягти зменшення часу обчислення.

В даному випадку рішення проблеми представляється у вигляді колекції одночасно виконуваних однакових операцій, саме тому розділення на паралельні підзадачі тут доцільне.

Для оцінки розроблюваних методів паралельних обчислень наведені широко використовувані в теорії і практиці паралельного програмування основні показники якості – прискорення, що показує, у скільки разів швидше здійснюється рішення завдань при використанні декількох процесорів, і ефективність, яка характеризує частку часу реального використання процесорів обчислювальної системи.

Можемо вважати, що для вирішення задачі послідовно потрібно часу  $T_1 = fT_1 + (1-f)T_1$ , а для вирішення паралельно

$$T_p = fT_1 + \frac{(1-f)T_1}{p} \quad [2]. \text{ Обчислимо прискорення:}$$

$$S_p = \frac{T_1}{T_p} = \frac{fT_1 + (1-f)T_1}{fT_1 + \frac{(1-f)T_1}{p}} \quad (5)$$

Тепер обрахуємо прискорення роботи програми за формулою Амдала [3]:

$$S_p = \frac{1}{f + \frac{1-f}{p}} \quad (6)$$

Враховуючи те, що всі операції, що виконується в рамках алгоритму, розпаралелені, частка коду ( $f$ ), яка не може бути розпаралелена дорівнює 0, враховуючи те, що кількість процесорів дорівнює 4, то  $p = 4$ . Прискорення оцінюється величиною:

$$S_p = \frac{1}{f + \frac{1-f}{p}} = \frac{1}{0 + \frac{1-0}{4}} = 4 \quad (7)$$

Ефективність використання процесорів  $p = 4$  при паралельній реалізації алгоритму оцінюється величиною:

$$E_p(n) = \frac{T_1}{pT_n} = \frac{S_p}{p} = \frac{p}{p} = 1 \quad (8)$$

Отже, теоретично, є доцільним паралельне виконання, адже завдяки цьому досягається прискорення роботи алгоритму розпізнавання зображень.

На рисунку 1 зображено залежність прискорення алгоритму від кількості даних на максимальній кількості процесорів, на рисунку 2 – залежність точності розпізнавання від кількості даних, де кількість даних – це число зображень, які подаються на вхід для навчання.

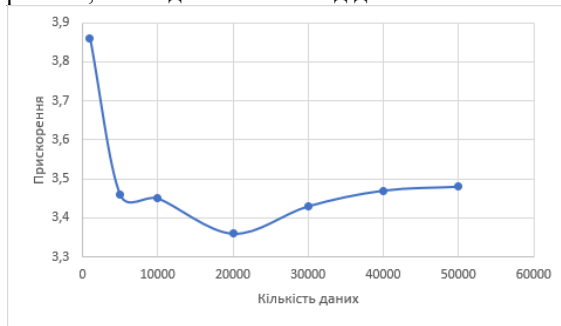


Рис. 1. Залежність прискорення від кількості процесів

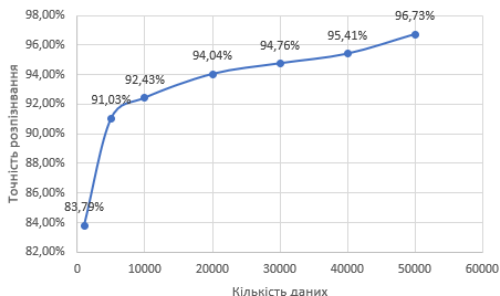


Рис. 2. Залежність точності розпізнавання від кількості навчальних даних

## Література

1.Машинне Навчання: Класифікація тексту з Нейронними Мережами та TensorFlow. URL: <https://codeguida.com/post/818> (дата звернення: 10.04.2019)

2.Эффективность параллельных программ. URL: [http://rsusu1.rnd.runnet.ru/tutor/method/m1/page09\\_3.html](http://rsusu1.rnd.runnet.ru/tutor/method/m1/page09_3.html) (дата звернення: 15.12.2018)

3.Закон Амдала. URL: <https://medium.com/german-gorelkin/amdahls-law-79a8edb040e2> (дата звернення: 17.12.2018)

UDC 004.93

## СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Журко Д. О., Соколенко Ю. М., Міщенко М. В.

*Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна*

Питання сегментації зображень (відокремлення фону від об'єкта) є надзвичайно актуальним у сучасному світі, оскільки даний метод лежить в основі складних систем комп'ютерного зору. Вони застосовуються для автоматичної детекції та виділення об'єктів на зображеннях з метою подальшої обробки отриманої інформації. Сегментація зображень широко використовується для дефектоскопії, обробки первинних знімків в медицині та для складання карт на основі знімків з супутника.

В якості набору даних взято набір зображень автомобілів від компанії Carvana. Вона надала декілька тисяч зображень з метою створення

алгоритму, що ефективно відділяє машину на зображенні від фону. Найкращим рішенням даної задачі є створення нейронної мережі. Для цього були використані наступні методи та засоби:

1) Згорткові нейронні мережі (CNN). Згорткові нейронні мережі є основою сучасної обробки зображень і комп'ютерного зору. Для вирішення задачі сегментації за основу була взята архітектура мережі U-Net [1], яка була створена в 2015 році для сегментації біомедичних зображень в відділенні Computer Science Фрайбурзького університету. Особливістю архітектури U-Net є те, що вона складається з двох частин: стискаючого шляху (contracting path), що являється звичайною згортковою мережею, що отримує мапу ознак, і розширюючого шляху (expansive path), що зменшує кількість каналів ознак, перетворюючи зображення в мапу класів (Рисунок 1).

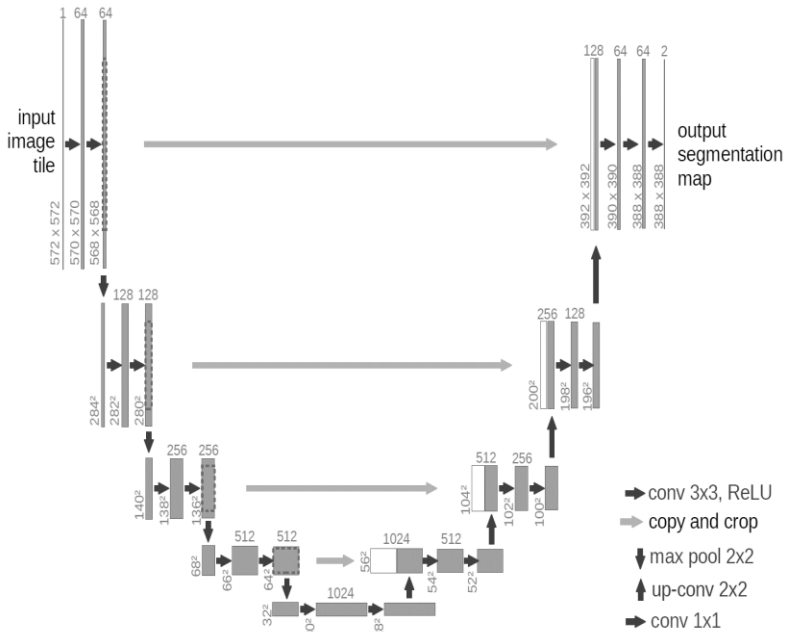


Рисунок 1 — Архітектура мережі U-Net

2) Transfer learning в якості техніки роботи з нейромережами. Transfer learning — це процес донавчання на нових даних будь-якої нейромережі, вже навченої до цього на інших даних. Завдяки цьому

Transfer learning показує найкращі результати при роботі з одноманітними даними, при цьому економлячи час на навчання нейромережі з нуля.

В якості стискаючого та розширюючого шляху була взята мережа ResNet34 [2]. Вона була заздалегідь навчена на ImageNet — наборі більш ніж 14 мільйонів зображень, поділених на 20 тисяч класів.

3) В якості функції витрат використовується логістична функція помилки (Cross-entropy loss, or log loss). В якості оптимізаційної функції зменшення помилки — Adam [3].

Дані були поділені на дві частини — 4000 зображень використовуються для навчання мережі, залишок, 1088 зображень, — для валідації моделі. Крім того, навчальна вибірка піддається аугментації — зображення випадковим чином повертаються, обрізаються, зашумлюються та розмиваються.

Задача вирішувалася за допомогою мови програмування Python з використанням бібліотеки Keras. Саме спільнота Python є найбільш розвинутою в галузі машинного навчання, на Python існує безліч бібліотек для цих цілей. В якості платформи для тренування мережі використовувався Google Colab, який надає користувачам безкоштовну можливість використовувати потужності графічних процесорів на серверах Google для тренування власних нейронних мереж.

Навчання тривало 40 епох, кожна тривалістю близько 2 з половиною хвилин. Вже на 15 епосі мережа досягла точності на тестовій вибірці в 99,6%, що вважається достатнім для даної задачі.

Точність мережі можна збільшити, експериментуючи з іншими архітектурами нейронних мереж, функціями витрат та оптимізації. Пошук найбільш оптимальної архітектури та параметрів мережі завжди залишається найскладнішою задачею машинного навчання.

## Література

1. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [Електронний ресурс] // arXiv.org. 2015. URL: <https://arxiv.org/abs/1505.04597>
2. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun Deep Residual Learning for Image Recognition [Електронний ресурс] // arXiv.org. 2015. URL: <https://arxiv.org/abs/1512.03385>
3. Diederik P. Kingma, Jimmy Ba Adam: A Method for Stochastic Optimization [Електронний ресурс] // arXiv.org. 2014. URL: <https://arxiv.org/abs/1412.6980>

## ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ СИТУАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ СЕКТОРУ БЕЗПЕКИ Й ОБОРОНИ

В.Ф.Гречанінов, М.О.Андросенко

*Інститут проблем математичних машин і систем*

Одним із найактуальніших завдань діяльності державних органів сектору безпеки і оборони України є забезпечення воєнної, зовнішньо-політичної та екологічної безпеки. Для вирішення цих завдань, особливо в період наявності реальних загроз зі сторони інших держав, часткової окупації території України, ведення гібридної війни, непередбаченість дій агресора, вимагає постійної оперативної взаємодії органів державної влади в оцінці ситуації, прогнозуванні її розвитку, упередження і знешкодження можливих загроз та прийняття відповідних рішень. Для забезпечення взаємодії органів сектору безпеки й оборони необхідно мати єдиний інформаційний простір, який дозволить при прийнятті необхідних рішень оперативно взаємодіяти між собою.

В період воєнних конфліктів, воєнних дій на території України, необхідно добувати, обробляти інформацію та обмінюватися нею з максимальним наближенням до масштабу реального часу. Більше шансів на прийняття ефективного рішення дає оперативна наявність достовірної інформації, яка дасть можливість адекватно оцінювати обстановку в Україні, в міждержавних відносинах, рівень готовності військових формувань усіх державних органів сектора безпеки й оборони України та наявність необхідних можливостей у державі.

На сьогоднішній день в Україні кожен орган сектору безпеки й оборони має свої бази даних, свої системи автоматизації процесу прийняття рішень з питань, які підпадають під компетенцію конкретного органу влади. І діють ці органи достатньо автономно, не враховуючи, з різних причин, позицію інших органів.

Це часто призводить до певних непорозумінь, протиріч та звинувачень один одного. Тому, для оперативної «дружньої» взаємодії всіх органів сектора безпеки й оборони в [1] запропоновано створити такі умови:

1. Вирішити питання створення сукупності захищених інформаційних мереж, глобальних інформаційних мереж як технічної основи для забезпечення швидкодіючих горизонтальних і вертикальних каналів обміну інформацією в реальному масштабі часу між органами сектора безпеки й оборони. Здійснення цієї умови обов'язкове [2].

2. Забезпечити інформаційну сумісність у діяльності органів сектора безпеки й оборони (ОДВСБО) за рахунок:

- використання єдиних принципів побудови баз даних;
- створення єдиної електронної системи класифікаторів і довідників з використанням загальнодержавних та відомчих розробок, яка забезпечувала б роботу як в автоматичному, так і в діалоговому режимі, а також запровадити використання цієї системи в усіх ОДВСБО.

3. Створити єдине інформаційне середовище на основі сукупності баз даних ОДВСБО, адже кожний орган влади сектора безпеки й оборони уже має свою власну базу і, як правило, обновлює її за певним регламентом. Частина загальнодержавних показників може дублюватися в різних базах, поступати із різних джерел і в різний час. Тому можуть виникнути протиріччя у значеннях одного і того ж показника, або ж один і той же показник може називатися по-різному. Щоб уникнути цього, потрібно створити метабазу даних, в якій будуть описані сутності кожного даного, де воно формується, який має формат, куди надсилається, та ін. Створення метабази даних упорядкує надходження інформації і забезпечить однозначне тлумачення усіх показників сектора безпеки й оборони. Це дуже трудомістка робота, але її необхідно зробити.

4. І саме головне – це запровадити єдину новітню технологію підтримки прийняття рішень – автоматизовану систему підтримки прийняття як колективних, так і індивідуальних рішень, у вигляді мережі ситуаційних центрів. Це дозволить поєднати можливості керівників вищих штаблів ОДВСБО та сучасних інформаційних технологій [3].

Виходячи із зазначених умов ефективного функціонування високоінтелектуальних ситуаційних центрів базується на оперативній взаємодії керівництва органів сектору безпеки й оборони під час обговорення та прийняття рішень й на пряму залежить від наявності швидкодіючих горизонтальних і вертикальних каналів обміну інформацією в реальному масштабі часу.

Сучасні телекомунікаційні мережі будуються в основному з використанням швидкодіючих оптичних технологій, що в повній мірі задовольняє самих вибагливих розробників інтелектуальних інформаційних систем.

Однак, у зв'язку з особливостями функціонування ситуаційних центрів сектору безпеки й оборони в особливий період ведення воєнних дій на території України, необхідно враховувати можливі надзвичайно некомфортні умови їх функціонування, які характеризуються частою зміною локації та відсутністю необхідних закритих швидкодіючих каналів зв'язку.



В таких умовах використання сучасних інформаційних технологій, які в основному розраховуються на функціонування в глобальних інформаційних середовищах мирного часу стає проблематичним, а то і взагалі неможливим.

Тому, при розробці технічних завдань на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи за напрямком створення ситуаційних центрів сектору безпеки й оборони, необхідно враховувати можливі найгірші умови їх функціонування. При цьому, увагу необхідно звернути на розробку нових протоколів обміну даними прикладного рівня між інформаційними системами різної архітектури з підвищеною гарантією доставки інформації в умовах використання низької пропускнуєї спроможності каналів зв'язку.

З іншого боку, інформаційні системи для обміну даними повинні використовувати формати з якомога більш усунутою інформаційною надлишковістю. До таких форматів відносяться формати архіваторів. Однак, можливість універсальних методів стиснення, що використовуються відомими архіваторами, можна покращити за рахунок розробки нових спеціальних методів попередньої обробки даних інформаційних систем перед їх стисненням. Так, для збільшення коефіцієнтів стиснення архіваторами файлів формату XML, який використовується для обміну інформацією між базами даних інформаційних систем можна використати методи сортуючих перетворень, про які мова йде в [4], де вони були вперше опубліковані разом з результатами їх програмної реалізації призначеної для підвищення коефіцієнтів стиснення форматів Microsoft office в основі яких використовується саме формат XML починаючи з 2007 року.

Відео, аудіо формати та формати видової інформації в інформаційних системах без усунення інформаційної надлишковості, як правило, не використовуються. Крім того, деякі системи, що пропонують, наприклад, відео сервіси і завданням яких є доставка даних до користувачів, які не мають швидкодіючих каналів передачі даних пропонуються можливості вибору якості відео та аудіо даних. Даний підхід необхідно використовувати при створенні сучасних ситуаційних центрів сектору безпеки й оборони, але існує можливість значно підвищити ефективність даного підходу шляхом застосування прогресивного методу передачі даних. Так, наприклад, користувач отримавши інформацію пониженої якості починає з нею працювати, а в цей час продовжуються поступати порціями дані деталізації для покращення якісних характеристик попередньо прийнятих даних.

Таким чином немає необхідності зберігання та передавання варіантів представлення одних даних з різною якістю. Формат повинен бути

один, але з можливістю розділення даних на інтеграційні та дані деталізації. Тому актуальними на сьогодні є завдання щодо створення спеціальних форматів з можливістю прогресивної передачі та представлення відео, аудіо та видової інформації для підвищення ефективності функціонування ситуаційних центрів сектору безпеки й оборони.

### Література

1. Про національну безпеку України: Закон України від 21.06.2018 № 2469-VIII. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2469-19>.

2. Гречанинов В.Ф., Кузьменко Г.Є., Лопушанський А.В. Мережа ситуаційних центрів органів державної влади – базис для підвищення ефективності їх діяльності (взаємодії). Математичні машини і системи. 2018. № 3. С. 32–39.

3. Морозов А.О., Кузьменко Г.Є., Яровий А.Д. Основні проблеми інформатизації Збройних сил України на сучасному етапі. Наука і оборона. 2004. № 3. С. 16–21.

4. Андросенко М.О. Метод стиснення документів MICROSOFT OFFICE для побудови архівів користувачів інформаційно-телекомунікаційних систем. Тези доповіді на II науково-технічній конференції КНУ ім. Тараса Шевченка “Проблеми кібербезпеки інформаційно-телекомунікаційних систем“. 23-24 березня 2017 року. С. 277-281

УДК 519.85

## МАКСИМИЗАЦІЯ ЦЕЛЕВОЇ ФУНКЦІЇ НА МНОЖЕСТВЕ РАЗМЕЩЕНИЙ

А.Н. Нагорная

*Киевский международный университет, Киев*

Сегодня в области исследования различных классов комбинаторных моделей и разработки новых моделей и методов их решения получены значительные результаты [1-6]. Следует отметить, что комбинаторные оптимизационные задачи с вычислительной точки зрения являются одними из самых сложных [7,8].

Рассмотрим оптимизационную задачу вида:

$$Z(\Phi, A_n^k) : \max\{\Phi(a) \mid a \in A_n^k\}, \quad (1)$$

$$D = \{x \in R^n \mid Gx \leq (\geq)b\}, \text{ де } G \in R^{m \times n}, b \in R^m, \quad (2)$$

где  $\Phi(a) = \sum_{j=1}^n c_j x_j$  – целевая функция на комбинаторном множестве

размещений  $A_n^k$ .

Метод решения комбинаторной задачи условной оптимизации (1)-(2) состоит из трех шагов.

Первый шаг состоит в построение матрицы нормализации. Согласно порядку неубывания коэффициентов целевой функции, осуществляется перестановка коэффициентов заданных ограничений, по результатам которой составляется матрица нормализации. Она формируется на основе переобозначения порядка следования коэффициентов дополнительных ограничений (рис. 1).

$n_f$	$u_1$	$u_2$	$\dots$	$u_{n-1}$	$u_n$
$n_{g_1}$	$u'_{11}$	$u'_{12}$	$\dots$	$u'_{1n-1}$	$u'_{1n}$
$n_{g_2}$	$u'_{21}$	$u'_{22}$	$\dots$	$u'_{2n-1}$	$u'_{2n}$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$n_{g_m}$	$u'_{m1}$	$u'_{m2}$	$\dots$	$u'_{mn-1}$	$u'_{mn}$

Рис. 1. Матрица нормализации

В матрице:

$n_f, n_{g_1}, n_{g_2}, \dots, n_{g_m}$  – номер места соответствующего элемента множества размещений; для целевой функции –  $n_f$ , для ограничений –  $n_{g_1}, n_{g_2}, \dots, n_{g_m}$ ,

$$\text{где } \Delta u_1 : N \rightarrow C : \Delta u_1 = \begin{pmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \dots & x_m^1 \\ u^{-1}(1) & u^{-1}(2) & \dots & u^{-1}(m) \end{pmatrix} [6].$$

Второй шаг – это нахождение первого опорного решения. Согласно определения, множество размещений учитывает порядок следования

элементов, поэтому при нахождении максимума функции, начальной выбирается “максимальная” точка множества размещений  $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)$ .

Далее производится расчет:

$$\begin{aligned} f_1^{\max}(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n), \\ g'_1(x_1^1, x_2^1, \dots, x_{n-1}^1, x_n^1) = b'_1 \leq (\geq) b_1, \\ g'_i(x_1^i, x_2^i, \dots, x_{n-1}^i, x_n^i) = b'_i \leq (\geq) b_i. \end{aligned} \quad (3)$$

Составляем необходимые условия для приростов ограничений:

$$\begin{aligned} \Delta g'_1 \geq (\leq) b_{11}, b_{11} = b_1 - b'_1, \\ \Delta g'_i \geq (\leq) b_{ii}, b_{ii} = b_i - b'_i. \end{aligned} \quad (4)$$

Если данная начальная точка множества размещений удовлетворяет все ограничения, то найдено первое опорное решение.

Формулируем условия для дальнейшего улучшения опорного решения:  $g'_{1_{\text{нвч}}}, g'_{2_{\text{нвч}}}, \dots, g'_{i_{\text{нвч}}}, f_{1_{\text{нвч}}}$  и переходим к шагу 3.

Значения приростов  $\Delta f$ ,  $\Delta g_i$  вычисляются за формулами:

$$\begin{aligned} \Delta f = \Delta f_2 - \Delta f_1 = (x_i^{f2} * c_j + x_j^{f2} * c_i) - (x_j^{f1} * c_j + x_i^{f1} * c_i) \\ \Delta g = \Delta g_2 - \Delta g_1 = (x_i^{g2} * c_j + x_j^{g2} * c_i) - (x_j^{g1} * c_j + x_i^{g1} * c_i) \end{aligned} \quad (5)$$

(6)

Если же ограничения не выполняются, то необходимо выбрать следующую точку из упорядоченного множества размещений и перейти к проверке условий (4).

Третий шаг остит в улучшении опорного решения за счет выбора следующей точки из множества размещений по убыванию значений целевой функции, согласно главного условия проверки:

$$\Delta f^{\max} > 0 \quad (7)$$

Если данное условие не выполняется, то полученное опорное решение нельзя улучшить, а следовательно, опорное решение будет оптимальным. В противном случае выбирается точка из множества размещений по убыванию целевой функции и осуществляется проверка ограничений по формулам (4), шага 2.

Условия (4) являются достаточными для поиска оптимального решения, а выполнение неравенства (7) необходимо для поиска оптимального решения.

**Выводы.** В работе предложен новый метод нахождения максимального значения целевой функции на множестве размещений, с учетом дополнительных ограничений.

Следует отметить, что для нахождения первого опорного решения достаточно рассчитать приросты ограничений  $\Delta g'_i$  (5). Улучшения опорного плана происходит согласно условия (7). Значение функции цели находится за счет нахождения приростов  $\Delta f$  (6), без необходимости вычисления всей предыдущей функции.

Данный метод позволяет значительно упростить процедуру поиска максимального решения, поскольку неравенства приростов ограничений позволяют сразу же определить будет ли точка множества размещений опорным решением или нет.

Итак, пользуясь данным методом, можно за конечное число шагов найти максимум функции на множестве размещений. Дальнейшие исследования будут направлены на адаптацию метода для других комбинаторных множеств.

### Література

1. Sergienko I.V., Shilo V.P. Modern approaches to solving complex discrete optimization problems // Journal of Automation and Information Sciences. – 2016. - V. 48, Issue 1. – P. 15–24.

2. Stoyan Y.G., Yakovle S.V. Configuration space of geometric objects // Cybernetics and Systems Analysis. – 2018. – V. 54, Issue 5. – P. 716-726.

3. Pichugina O.S., Yakovle S.V. Convex extensions and continuous functional representations in optimization, with their applications // J. Coupled Syst. Multiscale Dyn. – 2016. – V. 4, Issue 2. – P. 129-152.

4. Koliechkina L. N., Dvirna O. A., Nagornaya A. N. Modified Coordinate Method to Solve Multicriteria Optimization Problems on Combinatorial Configurations // Cybernetics and Systems Analysis. – 2014. – V. 59, Issue 4. – P. 620–626.

5. Нагірна А.М. Задача локалізації функції на множині розміщень друк / А.М. Нагірна // Теорія оптимальних рішень. – 2014 – С. 155-161.

6. Донець Г.П., Нагірна А.М. Оптимізація квадратичної функції на множині розміщень // Теорія оптимальних рішень. – 2017 – № 1. – С. 15-21.

7. Korte B. Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms. – Berlin : Springer, 2018. – 698 p.

8. Papadimitriou C. H., Steiglitz K. Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity. — Mineola: Dover Publications Inc., 2013. — 528 p.

## **ФОРМУВАННЯ ПЕРЕКЛАДАЦЬКОЇ КОМПЕТЕНЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

О.О. БОРОДІНА, М.М. КАПКО

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

Найважливішу роль у формування перекладацької компетенції грає саме характер та підхід до навчання спеціалістів у сфері перекладу, який помітно змінився за останні декілька десятиліть, значною мірою завдяки швидкому розвитку техніки та технологій. У зв'язку з цим і перекладознавство стрімко розвивається у напрямку інтеграції сучасних інформаційних комп'ютерних технологій у процес дослідження таких питань як покращення якості перекладу та, власне, визначення основних складових перекладацької компетенції.

Такі зарубіжні та вітчизняні мовознавці як В. Бархударов, В. Комісаров, Р. Міньяр-Белоручев, І. Халєєва, та інші, досліджували питання фахової компетенції спеціалістів з перекладу, як сукупності знань, умінь, навичок, які дозволяють перекладачеві успішно вирішувати свої професійні завдання.

В сучасному перекладознавстві існує визначення напрямку компетенції перекладача як спрямованості на забезпечення основних функцій, таких як: письмова та усна комунікація у різних сферах суспільної діяльності; застосування сучасних методів збирання та оброблення інформації; використання глобальних інформаційних мереж; використання автоматизованих пошукових систем; використання електронних баз даних, глосаріїв, довідників, та інше. [3]

Таким чином маємо змогу зробити висновок, що використання комп'ютерних інформаційних технологій грає роль у побудові перекладацької компетенції з точки зору сучасного перекладознавства.

Власне тему сучасних технологій в перекладі досліджували такі вчені як Н. Басова, С. Ветров, М. Кларін, В. Шукшунов, Ж. Поплавська, а інтеграцію таких технологій саме у навчальний процес розглянули у своїх наукових працях такі дослідники як В. Безпалько, А. Нісімчук, О. Шиян та інші.

Розглянемо низку можливостей відкритих для майбутніх перекладачів завдяки інтеграції інформаційних технологій в процесі навчання:

- ✓ проведення аудиторних занять і самостійної роботи з розвитку
- ✓ іншомовних вмінь і навичок;
- ✓ поповнення активного словникового запасу;

- ✓ перевірка орфографії;
- ✓ перевірка іншомовних мовленнєвих знань, навичок та вмінь
- ✓ шляхом тестування;
- ✓ аналітична обробка повідомлень.

Варто зазначити, що перекладач - це фахівець, якому у своїй роботі доводиться мати справу з величезними об'ємами інформації у стислі терміни. Оскільки інформаційні та інформаційно-комунікаційні технології розглядають як такі, що забезпечують та підтримують інформаційні процеси пошуку, збору, передачі, збереження, накопичення, тиражування інформації та процедури доступу до неї [1], фахівцям у сфері перекладу інформаційні технології дозволять здійснювати наступні дії:

- ✓ архівне зберігання досить великих обсягів інформації з
- ✓ можливостями їх передачі;
- ✓ автоматичний переклад за допомогою комп'ютерних перекладачів;
- ✓ автоматичний переклад за допомогою комп'ютерних словників;
- ✓ автоматичне реферування та анотування матеріалів;
- ✓ автоматизовані системи перекладу. [2]

Усі ці пункти можна вважати позитивними складовими для формування компетенції спеціалістів та майбутніх фахівців у сфері перекладу.

Отже, професійна діяльність перекладача має багато аспектів, проте невід'ємним її компонентом є використання сучасних інформаційних технологій для здійснення якісних, адекватних перекладів та вдосконалення, або набуття перекладацької компетенції, оскільки основним об'єктом роботи перекладача є саме інформація.

## Література

1. Бергман С. Особливості використання новітніх технологій у навчанні перекладу [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/123456789/6016/1/бергман.pdf>

2. Шалова Н.С. Формування професійної компетенції майбутніх перекладачів шляхом використання інформаційно-комунікативних технологій [Електронний ресурс] / Н.С. Шалова. – Режим доступу: [http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc\\_Gum/Vchdpu/ped/2011\\_85/S\\_halova.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Vchdpu/ped/2011_85/S_halova.pdf)

3. Орел М.В. Основні компоненти професійної компетенції перекладача. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [http://www.rusnauka.com/14\\_ENXXI\\_2012/Philologia/6\\_110\\_105.doc](http://www.rusnauka.com/14_ENXXI_2012/Philologia/6_110_105.doc)

## ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ ДАНИХ У ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

О.О. БОРОДІНА, А.М. ГАФІЯК, А.С. ВИПОВСЬКА, М.С.

МОДІНА

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

Хмарне обчислення – це технологія галузі обчислювальної техніки, що сьогодні стрімко розвивається. Дана технологія має як багато переваг, так і декілька недоліків, пов'язаних з проблемами безпеки. Для будь-якого користувача хмарного сервісу дані є надзвичайно важливими, а їх витік може зруйнувати довіру людей та потягти за собою інші серйозні наслідки. Тому провайдери хмарних сервісів приділяють більше уваги безпеці даних.

Кожен використовує хмарне обчислення у повсякденному житті в тій чи іншій формі, навіть не підозрюючи, як-от Microsoft Office 365, Gmail, Dropbox і т. д. У хмарних обчисленнях дані зберігаються за межами місця споживача (у провайдера), тому слід застосовувати додаткові заходи безпеки, окрім традиційних перевірок, щоб забезпечити безпеку даних, а також не допустити атак хакерів та інші порушення через вразливість системи.

Життєвий цикл даних складається з шести етапів: створення, зберігання, використання, поширення, архівування та знищення [1]. Після створення дані можуть вільно пересуватися між будь-якими етапами. Дані повинні бути захищені на всіх стадіях свого життєвого циклу від їх створення до їх знищення.

Конфіденційність, цілісність та доступність є трьома важливими властивостями даних, і це популярно називають тріадою CIA [2]. Конфіденційність стосується конфіденційності даних, де вони належать споживачу, та не повідомляються стороннім особам у будь-якому випадку. Цілісність даних – це впевненість у тому, що дані, які зберігаються у хмарі, не переглядаються неавторизованими сторонами. Це також враховується, коли дані переміщуються. Цілісність передбачає підтримку точності, узгодженості та надійності даних протягом всього їхнього життєвого циклу. Доступність даних означає запоруку, що коли споживач потребує даних, дані повинні бути доступними йому без будь-якої затримки або відхилень. Ці три основні аспекти захисту даних перевірені неодноразово в моделі розгортання публічних хмар.

Важливими є правила авторизації, яка є запорукою того, що людина має доступ до своїх даних. Авторизація – це процес визначення того, чи



має людина право виконувати з даними такі дії, як читання чи редагування.

Враховуючи вищесказані особливості безпеки даних, на нашу думку, наступні кроки можуть бути використані для підтримки належної СІА у хмарних обчисленнях:

- ✓ класифікація даних після їх створення, визначення правил та методів доступу для різних типів даних;
- ✓ зберігання даних з належним фізичним та логічним захистом безпеки, включаючи резервну копію та план відновлення;
- ✓ визначення типів даних та яким чином їх можна поширити, визначення правил обміну даними. У хмарних обчисленнях багато таких правил спільно називаються Угодами про рівень обслуговування (SLA);
- ✓ створення плану виправних дій у разі пошкодження даних через мережеві або комунікаційні пристрої, дефектів безпеки під час переміщення даних;
- ✓ впровадження належних методів ідентифікації та керування доступом для користувачів до даних. Використовування дублювання даних, резервування, резервних копій та змінюваних систем для вирішення проблем доступу.

Слід зазначити, що методи шифрування, як правило, забезпечують конфіденційність від атак провайдера хмар, але не можуть захистити дані від помилок конфігурації та програмних помилок [3].

Коли з'являються нові розробки у галузі ІТ, завжди виникають й нові проблеми в області хмарних обчислень, що потребують вирішення. Також ряд інших проблем може виникати через їх розташування та одночасну велику кількість користувачів. У хмарних обчисленнях всі дані, особливо конфіденційні, повинні регулярно підтримуватися та перевірятися на належне відновлення даних у випадку системних помилок.

## Література

1. A. Reed, C. Rezek, C and P. Simmonds. Security Guidance for Critical Area of Focus in Cloud Computing V3.0, Cloud Security Alliance (CSA), 2011, с.1-177

2. Z. Xiao and Y. Xiao. Security and Privacy in Cloud Computing, IEEE Communications Surveys & Tutorial, Vol. 15, 2012, с.843-859

3. S. Aldossary and W. Allen. Data Security, Privacy, Availability and Integrity in Cloud Computing: Issues and Current Solutions. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 7, 2016, No.

4

## **ВИКОРИСТАННЯ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ C++ ПРИ СТВОРЕННІ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ**

О.О. БОРОДИНА, А.М. ГАФІЯК, Б.В. СИНЯГІВСЬКИЙ, В.О.  
ДАШЕВСЬКИЙ

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кон-  
дратюка*

На мові C++ розробляють програми для самих різних платформ і систем. Історія мови C++ почалася з мови C. Компанія Bell Laboratories на початку 1970-х рр. створила мову C як інструмент розробки операційної системи UNIX. Спочатку Мартін Річардс розробив мову BCPL, потім на її основі Кен Томпсон – мову B, і нарешті, Денніс Річі – мову C. Завдяки лаконічності, виразній потужності й надійним компіляторам ця мова програмування дуже швидко стала однією з найпопулярніших та найпоширеніших.

Найчастіше багато користувачі комп'ютерів на основі Windows помічають, що деякі програми при інсталяції власних компонентів додатково встановлюють і якийсь пакет Microsoft Visual C++. Що це за платформа, знають далеко не всі. Microsoft Visual C++ (MSVC) — інтегроване середовище розробки програмного забезпечення на мові C++, розроблена фірмою Microsoft. Постачається або як частина комплекту Microsoft Visual Studio, або окремо у вигляді безкоштовного функціонально обмеженого комплекту Visual C++ Express Edition. Microsoft Visual C++ Redistributable – це один з тих пакетів, без яких на вашому комп'ютері не запуститься більшість ігор. Він містить бібліотеки, які дозволяють запуститися програмам, у розробці яких було використано середовище Microsoft Visual C++, відома так само як MSVC. До таких програм відноситься більшість ігор на Windows, тому наявність даного пакету необхідна. Ігри, як правило, завантажують необхідні файли по завершенні установки, однак у роботі пакета Microsoft Visual C++ можуть траплятися збої, викликані встановленням піратського контенту за активністю шкідливих програм. Не торкаючись тонкощів роботи всього пакету, а розглядаючи лише питання того, що це - Microsoft Visual C++, варто відзначити, що в операційній системі це компонент, в обов'язковому порядку необхідний для запуску більшості сучасних ігор і додатків для роботи з мультимедіа. Зокрема це стосується графіки, відео і аудіо. Для DAW-студій така платформа може використовуватися ще і додатковими плагінами форматів VST, AAX, RTAS і т. д., коли сама студія

є хостом, через який до неї підключаються відповідні програмні синтезатори і ефекти. Також її використовують багато інженерні програми, наприклад, AutoCAD [3].

Мова C++ використовувалась для створення багатьох сучасних операційних систем, софту, драйверів, ігор та ігрових движків. Завдяки його гнучкості, ігри можна відносно нескладно перенести з ПК на консолі і в зворотному напрямку. Однією з найпопулярніших ігор, написаних на C++, є World of Warcraft.

C++ продовжує використовуватися повсюдно, включаючи компілятори, веб-браузери типу Chrome від Google, платформи соціальних мереж типу Facebook і операційні системи типу Windows. Новий браузер від Google - це open-source продукт, написаний на C++. Кожен може завантажити його вихідні коди на C++ і зібрати свій власний браузер з них [5].

Для C++ випускаються різні інструменти, що дозволяють полегшити роботу і процес створення додатків. Тут варто згадати той же Qt, який нещодавно вийшов ReSharper C++ від JetBrains. У Visual Studio 2015 ввели підтримку деяких нововведень з останніх стандартів, плюс деякі додаткові функції - працювати стало зручніше. Виходить, що знання C++ необхідні. А з урахуванням того, що C++ став набагато зручніше в роботі з виходом нових стандартів, ідея писати модулі / доповнення на сучасному C++ має сенс і не виглядає божевільною. Надалі такий код буде куди простіше підтримувати. У той же час це все той же продуктивний C++, з найбільшим набором можливостей. А доповнена стандартна бібліотека дозволить використовувати вже готові рішення.

Підводячи підсумки відзначимо переваги мови програмування C++ :

- ✓ Великий спектр застосування;
- ✓ Використання в розробці самих різних платформ і систем;
- ✓ Якість розроблених програм;
- ✓ Використання в освітніх програмах;
- ✓ Застосування в розробці та підтримці веб-ресурсів;
- ✓ Нововведення для полегшення програмування на C++;
- ✓ Написання драйверів для різних пристроїв.

## **Література**

1. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ C++ BUILDER ДЛЯ РОЗРОБКИ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/IPZ/article/download/3072/301>
2. C++ в современном мире [Електронний ресурс]. – Режим

доступу: <https://habr.com/company/pvs-studio/blog/259777/>

3. Microsoft Visual C++: що це і навіщо потрібно? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://hi-news.pp.ua/kompyuteri/9142-microsoft-visual-c-scho-ce-navscho-potrбно.html>

4. ОСОБЛИВОСТІ C++ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://test.tanet.edu.te.ua/articles/category/61/message/4398/>

5. Огляд і основи мови програмування C++ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.znannya.org/?view=C++\\_basics](http://www.znannya.org/?view=C++_basics)

6. Мова C++ отримує високу оцінку за продуктивність завдяки новому стандарту ISO/IEC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://csm.kiev.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1056](http://csm.kiev.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=1056)

УДК 004.43:004.93

## **МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ СТВОРЕННІ СУЧАСНИХ ІГОР**

О.О. БОРОДИНА, А.М. ГАФІЯК, О. С. СКОРБАТЮК, І. А.  
ЩЕНКО

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

Сучасна комп'ютерна гра – це різностороння програма, яку використовують не тільки з розважальними, а й з навчальними, соціальними та навіть медичними цілями. Так, фахівці з німецького Університету Фрайбурга стверджують, що “система віртуальних заохочень також підсилює мотивацію, яку гравець зможе використовувати і в реальному житті”, а психологи лікарні Ван Гога в Бельгії допомагають пацієнтам з агорафобією та акрофобією подолати страхи за допомогою шолома віртуальної реальності [1].

Створення програмного коду є одним з найголовніших етапів розробки будь-якої відеогри, від якого залежить її технічна функціональність, контент та безпосередньо сам ігровий процес. Переважна більшість сучасних комп'ютерних ігор створені на готових ігрових рушіях (програмних модулях, де втілені базові можливості роботи зі звуком, об'єктами, графікою), таких як Unity, Godot, Blender 3D, UnrealEngine. Але це не зменшує потребу в самостійному написанні коду, оскільки вони є лише основою для продукту та й не завжди наявних можливостей достатньо для реалізації ідеї. Саме тому від вибору мови програмування (чи ігрового рушія, який базується на цій мові) залежить майбутнє гри [2].

З точки зору розробки коду та програмування гри можна розділити на чотири основні частини: Графічний рушій, Фізичний рушій, Звук та Ігрова логіка. Як й в будь-якому процесі розробки, в створенні ігор для кожної задачі зазвичай використовують найбільш відповідні за вимогами інструменти, тож розглянемо задачі цих сфер детально:

**Фізичний рушій.** Ця частина гри є однією з найбільш пов'язаних з апаратною частиною та низькорівневими програмами. Також саме тут проводяться найскладніші розрахунки: обрахунок взаємодії та руху об'єктів як фізичних тіл. Саме тому для них важливий високий рівень контролю процесу, надійність та швидкість виконання. Тож зазвичай використовуються такі мови програмування як C та C++.

**Графічний рушій.** Графічний рушій є прошарком між більш високорівневим кодом та графічними системами комп'ютера. Оскільки низькорівневе управління є досить складною задачею, в переважній більшості випадків використовується апаратна абстракція - графічне API, зазвичай OpenGL чи DirectX. Для управління ним використовуються мови програмування C та C++. Окремо треба розглянути створення шейдерів - програм, що призначені для виконання процесорами відеокарті. Для їх написання використовують спеціалізовані мови програмування: HLSL, Cg та GLSL.

**Ігрова логіка та звук.** Ігрова логіка описує взаємодію між об'єктами, їх ієрархію, дії окремих об'єктів. Саме тому від мов програмування ігрової логіки особливо потребується підтримка об'єктно-орієнтованого підходу. Також не варто забувати, що в роботі над логікою та звуком можуть приймати участь не тільки програмісти, а й гейм-дизайнери, аніматори, сценаристи. Досить багато ігрових рушіїв потребують лише створення ігрової логіки, що дозволяє навіть людям з мінімальними навичками створювати їх. Тож основними вимогами до мов програмування є легкість їх освоєння, читабельність, високорівневість, автоматичне збирання сміття. Найчастіше для цього використовують мови Java, Python, Ruby, C#, Lua та подібні. Також більшість ігрових рушіїв пропонують використовувати свої власні мови програмування [3].

Підводячи підсумки, відзначимо, що комп'ютерні ігри – це не тільки економічно перспективна галузь, а й невід'ємна частина життя багатьох людей всього світу, яка стає повноцінним різновидом сучасного мистецтва. Як наслідок, створення відеоігор сьогодні – це складний багатогранний процес, який неможливо уявити без написання програмного коду. Саме тому для кожної з основних частин гри зазвичай використовують різні мови програмування, що дозволяє створити креативний, багатогаровий та цікавий продукт [4].

## Література

1. Чотири аргументи на користь відеоігор, або чому не варто боятися комп'ютера [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://ukrhealth.net/chotiri-argumenti-na-korist-videoigor-abo-chomu-ne-var-to-boyat-sya-kompyutera/>
2. Комп'ютерні ігри. Створення ігор [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://programming.in.ua/other-files/other/308-creating-computer-games>
3. Этапы создания компьютерной игры [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://gamesisart.ru/game\\_dev\\_create.html](http://gamesisart.ru/game_dev_create.html)
4. Games Now Legally Considered an Art Form (in the USA) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.escapistmagazine.com/news/view/109835-Games-Now-Legally-Considered-an-Art-Form-in-the-USA>

УДК 004.41

### МАЙБУТНЄ ІГРОВОЇ ІНДУСТРІЇ. UNREAL ENGINE

О.О. БОРОДИНА, А.М. ГАФІЯК, О.Р. БІЛОБРОВ, С.Д.  
ПРОСВЕТОВ

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

Комп'ютерні ігри отримали надзвичайно потужний розвиток та дуже стрімко розвиваються за останній час, як в плані графіки, так й сюжету. Комп'ютерні ігри, що вийшли в останні кілька років, надають широкі можливості для ретельної настройки персонажів. Кожен гравець може створювати унікальні персонажі та приміряти будь-який одяг так, щоб його віртуальний аватар повністю відповідав його стилю.

Для того, щоб створити якісну гру використовують спеціальний інструмент, який називають «двигун» або ж гральний рушій. Ігровий двигун – це центральна програмна частина будь-якої відеогри, яка відповідає за всю її технічну сторону, дозволяє полегшити розробку гри за рахунок уніфікації та систематизації її внутрішньої структури. Важливим значенням рушія є можливість створення багатоплатформових ігор[4]. Різні студії використовують різні двигуни. На даний час найбільш відомим та прогресивним двигуном є Unreal Engine.

Unreal Engine – ігровий рушій, який був розроблений та підтримується компанією Epic Games. Перша гра, створена на цьому рушію з'явилася 1998 року. З тих пір різні версії цього ігрового рушія використали

в більш ніж сотні ігор, серед яких Deus Ex, Lineage II, Thief: Deadly Shadows, Postal 2, серіях ігор Brothers in Arms, серія ігор Splinter Cell, Tom Clancy's Rainbow Six, а також у відомих ігрових серіях Unreal та Unreal Tournament від самих Epic Games. Пристосований у першу чергу для шутерів від першої особи, рушій використовувався й при створенні ігор інших жанрів. Написаний мовою C++, рушій дозволяє створювати ігри для більшості операційних систем та платформ: Microsoft Windows, Linux, Mac OS та Mac OS X, консолей Xbox, Xbox 360, PlayStation 2, PlayStation Portable, PlayStation 3, Wii, Dreamcast та Nintendo GameCube. У грудні Марк Рейн продемонстрував роботу рушія Unreal Engine 3 на iPod Touch та iPhone 3GS. У березні 2010 робота рушія була продемонстрована на комунікаторі Palm Pre, що базується на мобільній платформі webOS.[1] Перше покоління Unreal Engine було розроблено Тімом Суїні, засновником Epic Games. Суїні, який вже мав досвід створення інструментів для редагування, таких як програми для ZZT (1991) і Jill of the Jungle (1992), почав писати двигун у 1995 році для виробництва гри, яка пізніше стала відома як Unreal, шутер від першої особи. Після багатьох років розробки, він дебютував з випуском гри в 1998 році. Як програмне забезпечення, так і апаратний рендеринг були присутні в базовому програмному забезпеченні, а також у виявленні зіткнень, кольоровому освітленні та рудиментарній версії фільтрації текстур. Двигун також мав редактор рівнів, UnrealEd (колишній редактор Unreal World), який мав підтримку змінювати геометрію об'єктів ще в 1996 році, дозволяючи мапперам змінювати макет "на льоту". [2] На протязі існування двигун покращувався і змінювався. Революційною версією вважається Unreal Engine 4.

Як і у випадку зі своїми попередниками, Unreal Engine 4 не тільки привносить щось нове, але і виводить вже існуюче якість графіки на новий рівень. Однією з найголовніших особливостей є те, що движок сам по собі зручний і спрощує життя розробнику. Візьмемо наприклад Blueprint – систему скриптів, яка була спрощена до звичайного меню і в якому можна буде створювати логічні зв'язки між подіями – це означає, що сценаристам не знадобиться спеціальних знань мов програмування для роботи з системою скриптів движка. За своєю суттю Blueprint- це збірка з компонентів, яка утворює складний об'єкт ігрового світу. Редагувати таку збірку можна через Редактор Креслень (Blueprint Editor). Поведінка збірки управляє C++ клас і редактор графів. Разом вони доповнюють один одного.

Система освітлення в Unreal Engine буде динамічна – різні поверхні будуть по різному відбивати світло за всіма законами фізики. В Unreal

Engine 3 всі джерела світла ційний розставляти вручну і витратити багато часу на розрахунки кутів падіння і всього іншого. У новій версії движка все це налаштовується в реальному часі автоматично, що допомагає розробникам зосередитися на інших деталях. Особливу увагу варто приділити новій системі частинок, яка унікальна тим, що, наприклад, при симуляції пилу кожна окрема порошокина буде мати деталізацію не менш будь-який інший схожою моделі, але таких пилинок будуть тисячі і поширюватися вони по екрану будуть хаотично, незалежно один від одного, тобто не закріптованих. [3]

Таким чином, необхідно відмітити той факт, що ігрова індустрія стрімко розвивається, а за цим йде те, що й технології, які використовуються не стоять на місці. Unreal Engine 4 є одним із найпрогресивніших ігрових двигунів. За допомогою нього можна робити не тільки ігри, а й композинг, тобто відео з надреалістичною деталізацією.

### Література

1. Unreal Engine [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Unreal\\_Engine](https://uk.wikipedia.org/wiki/Unreal_Engine)
2. Unreal Engine [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Unreal\\_Engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Unreal_Engine)
3. UNREAL TECHNOLOGY [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gamegpu.com/history/istoriya-tehnologii-unrealengine.html>
4. Гральний рушій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D1%80%D1%83%D1%88%D1%96%D0%B9](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D1%83%D1%88%D1%96%D0%B9)

УДК 004.774.2/6

## ЕВОЛЮЦІЯ WEB ТЕХНОЛОГІЙ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

О.О. БОРОДІНА, А.М. ГАФІЯК, С.Д.ПРОСВЕТОВ,  
О.Р.БІЛОБРОВ

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

Важко уявити сучасне життя без таких простих на перший погляд речей, як комп'ютер та інтернет. Мало хто замислюється над тим, що із себе являє та як влаштовані й створюються сайти, соціальні мережі та інші інтернет ресурси.



У розумінні цього допоможуть веб-сторінки (web-page) – інформаційні ресурси, які можна переглянути у веб-браузері. Їх можуть об'єднувати в сайти за допомогою гіпертексту з навігаційними гіперпосиланнями на інші сторінки, а самі вони зберігаються на локальному комп'ютері або отримуються із віддаленого веб-сервера.

Процес створення веб-сторінки називається версткою.

Web 1.0 є ретронімом поняття, яке відноситься до статусу WWW і будь-якого стилю дизайну веб-сайту, що використовується перед появою терміна Web 2.0. Це - загальний термін, який був створений, щоб описати глобальну мережу у 2001 році, який був відзначений багатьма як поворотний момент для Інтернету. [1]

Web 2.0 — друге покоління мережних сервісів, що останнім часом стали основою розвитку мережі Інтернет. Термін Web 2.0 було запроваджено у 2004 видавництвом О'Рейлі (англ. O'Reilly Media) та комерційним організатором серії конференцій під назвою «Web 2.0», — Медіа-Лайв (англ. 15 сент. 2010 г.). [2]

Web 3.0 (визначення Джейсона Калаканіса) — високоякісний контент і сервіси, які створюються талановитими професіоналами на технологічній платформі Web 2.0.[3]

Web 4.0 (узагальнене визначення) - високоякісний контент і сервіси, які створюються звичайними користувачами на технологічній платформі Web 3.0.

Зараз, прямо зараз - відбувається оновлення можливостей Web 3.0. - до можливостей Web 4.0. Тобто - створення контенту, служб і сервісів для спілкування, роботи, навчання, відпочинку і т.п. - стає настільки доступним, що кожен недосвідчений користувач Інтернету, в змозі створити власну площадку в Інтернеті, де буде реалізовуватися сам і разом зі своїм соціумом. Зі своїми друзями, знайомими, колегами і однодумцями. Що є наочним прикладом цього? Поява, практично на всіх сайтах - кнопок, які дозволяють поділитися, відправити посилання на вподобаний матеріал (статтю, відео, коментар, і т.п.) - в свій блог, або в одну із своїх Соціальних Мереж. Тобто кожен користувач може самостійно формувати контент для себе, та для свого Інтернет оточення. Крім того, зараз майже всі соціальні мережі, такі як VK, YouTube, Facebook використовують спеціальні алгоритми, які в залежності від того, чим ви цікавитесь створює вашу власну екосистему. А що ж з "звичайними" людьми? Рядовими користувачами Інтернету? Навіщо їм - Web 4.0. Все дуже просто! Цей механізм - дозволяє піти від централізованих ресурсів. Величезних порталів, де потрібно тріпатися про все, щоб отримати хоч крихту для розвитку власної думки, застосування власних можливостей.

Децентралізація знань, можливостей, умінь, здібностей, талантів - в їх прояві, через що створюється і який притягається контент, дозволяє більш ефективно взаємодіяти всередині своєї групи. Тим самим - повніше використовувати наявні всередині групи (спільноти) ресурси, для досягнення будь-яких цілей. [4]

Висновки: 1. Web - покоління мережних сервісів, що дозволяє користуватися інтернетом в повній мірі. 2. Веб дуже простий як для користувачів, так і для розробників. 3. З розвитком Веб стало можливим персоналізувати, створювати свій власний Інтернет навколо себе

### **Література**

1. Спиваковский А. В., Полищук Е. Интернет как ключевой фактор интеграции системы образования Украины в мировую образовательную среду // Педагогичні науки: Зб. наук. статей. — Випуск XI. — Херсон, 2000.

2. Веб 2.0. Що це? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [olenaprosov.blogspot.com/2010/09/20.html](http://olenaprosov.blogspot.com/2010/09/20.html)

3. Web 3.0 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Web\\_3.0](https://uk.wikipedia.org/wiki/Web_3.0)

4. Web 4.0 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://eveda.wordpress.com/2010/10/01/добро-пожаловать---web-4-0/>

УДК 004.43:004.8

## **ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МОВ ПРОГРАМУВАННЯ ПРИ СТВОРЕННІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

О.О. БОРОДИНА, С.П. АЛЬОШИН, А.М. ГАФІЯК,  
О.І. КОЗИЦЬКА, К.М. ГЕЛЕЦЬКА

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

Штучний інтелект значно відрізняється від людського: на нього не впливають емоції, здатний обробляти великий обсяг інформації за невеликий проміжок часу. Він не замінює людини, але значно полегшує їй життя в сучасному світі, де досить важлива швидкість обробки інформації й те, наскільки ефективно розподілені ресурси (матеріальні цінності, фінанси, час). З кожним роком спостерігається значний розвиток та популяризація штучного інтелекту, який наразі застосовується у багатьох галузях: медицині, системах безпеки, побуті тощо. Це справжній

комплекс споріднених технологій та процесів, що розвиваються якісно та стрімко, наприклад:

1. Машинне навчання
2. Обробка тексту природною мовою;
3. Віртуальні агенти;
4. Експертні системи;
5. Системи рекомендацій.

Процес створення штучного інтелекту є доволі складним заняттям, що потребує від розробника спеціальних знань та навичок, як, наприклад, володіння сучасними мовами програмування. До них слід віднести: LISP, Java, Prolog та Python, кожна з яких має як значні переваги, так й недоліки [1].

**LISP** є першою комп'ютерною мовою, яку застосовували для штучного інтелекту. Дана мова програмування є найбільш важливою, й саме тому вона отримала широкого застосування в дослідженнях штучного інтелекту й в математичній лінгвістиці. Вона перетворює важкі задачі в прості, є доволі гнучкою. Потужна система об'єктно-орієнтованості робить LISP однією з найпопулярніших мов програмування для штучного інтелекту в сучасному світі, навіть не дивлячись на те, що мова є доволі старою. Проте, з розвитком технологій, з'явилися інші мови програмування, які стали використовуватись при створенні штучного інтелекту й були розроблені для зручної взаємодії з користувачем, як, наприклад, мова програмування Java. [2]

**Java** являється одна з найпопулярніших сучасних мов програмування, яка також використовується при створенні штучного інтелекту. Оскільки ця мова є доволі універсальною та гнучкою, на даний момент є досить багато корисної інформації для розробників, яка допомагатиме у створенні штучного інтелекту. До основних переваг цієї багатофункціональної мови слід віднести: зручність супроводу й прозорість. До особливостей: зручна взаємодія з користувачем, просте налагодження, простота роботи з великими проектами. Проекти, які створюються завдяки мові Java мають досить зручний та привабливий інтерфейс. Дана мова програмування відноситься до числа найважливіших мов при створенні штучного інтелекту так само, як мова програмування Prolog, але Java є більш універсальною та простішою у розумінні для розробників. [3]

**Prolog** відноситься до числа найважливіших мов, що використовуються в символній обробці та в дослідженнях штучного інтелекту. Маючи потужну та гнучку основу, вона широко застосовується для почисельного програмування, доказів теорем, обробки природної мови, створення експертних систем та штучного інтелекту в цілому. Prolog

становить основу для навчання методам штучного інтелекту, дослідженням і практичному застосуванню в цій галузі. До систем штучного інтелекту належать експертні системи, докази теорем, інтелектуальні роботи та системи машинного перекладу. Розробники штучного інтелекту цінують його за високий рівень абстракції, вбудований механізм пошуку так само сильно, як й мову програмування Python. [4]

**Python** широко використовується розробниками через його чисту граматику й синтаксис, та приємний дизайн. «PyBrain» - одна з найкращих Python-бібліотек для вивчення і реалізації великої кількості різноманітних алгоритмів пов'язаних з нейронними мережами. Являє собою вдалий приклад поєднання компактного синтаксису Python з гарною реалізацією великого набору різних алгоритмів з області машинного інтелекту. Основною його метою є надання досліднику гнучких, простих у використанні, але водночас потужних інструментів для реалізації завдань з галузі машинного навчання, тестування та порівняння ефективності різних алгоритмів. Дана мова програмування широко використовується у нашому сьогоднішні і відзначається своїми структурами даних, співвідношеннями високого й низького рівнів програмування, які роблять Python однією з найбільш популярних мов програмування для штучного інтелекту. [5]

Таким чином, розглянуті мови програмування набувають широкого використання при створенні штучного інтелекту. Кожна з цих мов має як свої переваги, так і недоліки, але розробник матиме змогу обрати для нього саме ту мову, яка буде максимально зручною у використанні та дозволить ефективно розробляти штучний інтелект.

## Література

1. Сфери застосування штучного інтелекту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aiconference.com.ua/uk/news/oblasti-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-92253>.
2. На каком языке программирования разрабатывать искусственный интеллект? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://neuronus.com/stat/1298-na-kakom-yazyke-programirovaniya-razrabatyvat-iskusstvennyj-intellekt.html>.
3. Искусственный интеллект (ИИ) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт: Искусственный интеллект \(ИИ, Artificial intelligence, AI\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт: Искусственный интеллект (ИИ, Artificial intelligence, AI)).
4. Системы искусственного интеллекта. Prolog. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kit.znu.edu.ua/iLec/7sem/LPAI/PpRrOoLlOoGg/index.html>.
5. PyBrain работаем с нейронными сетями на Python.

## **ОЦЕНКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЕПЕНИ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Т.З. Фидаров

*Институт проблем математических машин и систем НАН Укра-  
ины, Украина*

Главной задачей оценки эффективности внедрения информационных технологий (ИТ) в сферы повышения производительности и безопасности потенциально опасных производственных (техногенных) объектов (ПОО) в Украине, - являются расчёты эффективности применения для них технологий комплексного управления безопасностью, а также оценки снижения с помощью ИТ потенциального ущерба, который может им нанесен опасными природными явлениями с угрозами возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с несанкционированными внешними информационными воздействиями (кибератаками), реализующими информационные угрозы внутри/извне предприятия.

Целью данной работы является выбор задач, средств и методов расчётов эффективности внедрения ИТ в сферы повышения производительности и безопасности существующих ПОО Украины, а также создание концептуальных основ построения для таких объектов подсистемы информационной безопасности (ИБ) в рамках единой сети управления ПОО Украины. Это позволит не только существенно снизить уровни рисков, выявляемых экспертами и/или идентифицируемых с помощью специального оборудования на ПОО, но и принимать адекватные меры по снижению потенциального ущерба, который может быть нанесен при реализации одного или более видов потенциальных рисков на любом из ПОО Украины [1, 2].

Низкий и/или недостаточный уровень эффективности и комплексности подобных мер, а также оперативности и эффективности применения ИТ и технологий управления ИБ в Украине, - угрожает не только устойчивому функционированию самих ПОО, но и способно привести к нарушению устойчивого экологического равновесия в комплексном объекте обеспечения безопасности (КООБ), включающем, кроме ПОО, окружающую их внешнюю среду, персонал и живущих в потенциально опасном регионе людей, а также животных и фауну.

Особо важную роль в процессах управления безопасностью на ПОО (КООБ), - играют обоснованность внедрения тех или иных ИТ на объекте и адекватность их применения к условиям работы ПОО, а также применение новых технологий и организационных мер для снижения уровней рисков, имеющих на ПОО. Эти средства позволят целенаправленно снижать потенциальные объемы ущерба, возникающего при реализации одного или более рисков.

#### **А) Способы и средства эффективного применения ИТ в управлении безопасностью**

Эффективная реализация возможностей ИТ при управлении безопасностью на уровнях ПОО (КООБ), - требует реализации таких стратегий и технологий обеспечения безопасности, которые свяжут воедино важнейшие организационные, технические и программные возможности оборудования и специалистов объектов.

В связи с этим, решение задач управления производственно-экологической безопасностью в Украине, - требует включения в планы государственных служб (включая службы ЧС) работ по созданию и реализации *долгосрочной общегосударственной стратегии управления безопасностью (включая ИБ)*, что позволит выявить экономические, технические, организационные, финансовые и технологические возможности Украины при реализации этой стратегии, а также принять решение о целесообразности создания базовой сети управления ПОО (КООБ), особенно на тех жизненно важных промышленных и экологически опасных объектах, которые уже были источниками опасностей, ЧС, аварий и экологических катастроф.

#### **Б) Основные структурные и инфраструктурные объекты системы управления безопасностью ПОО (КООБ) Украины**

Комплексная система автоматизации управления производственной безопасностью ПОО (КООБ) Украины, - должна включать не только необходимые виды и средства организационного и общесистемного обеспечения, включая аппаратно-программные средства противодействия не всегда предсказуемым рискам, но и средства предупреждения угроз функционированию и появлению ущерба для ПОО (КООБ), - при несанкционированной утечке служебной корпоративной и/или секретной информации как по производственным и/или личным каналам сотрудников, так и по информационным сетям и каналам обработки информации. Такая система должна оперативно выявлять многие виды угроз и совершенствоваться одновременно с оборудованием, инфраструктурой, информационными и производственными технологиями ПОО (КООБ) [3 - 4].

Средства и методы периодической оценки последствий внесения тех или иных изменений в функционирование ПОО, а также данные об изменении внешних условий работы ПОО, получаемые средствами мониторинга окружающей КООБ среды, - должны лечь в основу *Единой Автоматизированной Системы Производственно-Экологической Безопасности Украины (ЕАСПЭБУ)*, которую можно создать в соответствии с предложенной здесь стратегией.

Эта система должны включать также *единую подсистему контроля и обеспечения безопасности ПОО (КООБ)*, охватывающую совокупность ПОО с близким по значимости уровнем потенциального ущерба от каждого из них, а также средства мониторинга, контроля и оперативного управления безопасностью ПОО с помощью ИТ путём разработки и осуществления контроля за выполнением необходимых для их безопасности мероприятий.

Итак, ЕАСПЭБУ должна включать: *средства контроля за мероприятиями не только по охране информации и средства ИТ, но и средства контроля за мероприятиями по защите производственно-технологических процессов и управления безопасностью объекта*. Безопасность ПОО (КООБ) также требует учёта и сохранности всех видов его документов (электронных, бумажных и др.), использования средств контроля доступа любых специалистов на ПОО и на его инфраструктурные элементы, противодействие кражам, порче документов, изделий, материалов, оборудования и т. п.

В состав ЕАСПЭБУ должна входить также подсистема централизованных и локальных алгоритмов выработки и принятия решений при возникновении на объекте опасных ситуаций и ЧС. Единое информационное пространство (ЕИП), - наиболее функционально нагруженное звено автоматизации управления безопасностью ПОО, поскольку оно является источником актуальной информации для безопасной и эффективной работы информационной системы поддержки принятия решений в ЕАСПЭБУ. Концептуальная структура базового узла ЕАСПЭБУ представлена на рисунке.

Особое внимание надо уделить и адаптации механизмов интеграции подсистемы безопасности ПОО с существующими и/или вновь включаемыми в их состав новыми АСУ ТП, а также унификации алгоритмов и средств защиты доступа ко всем точкам пользовательского интерфейса системы.

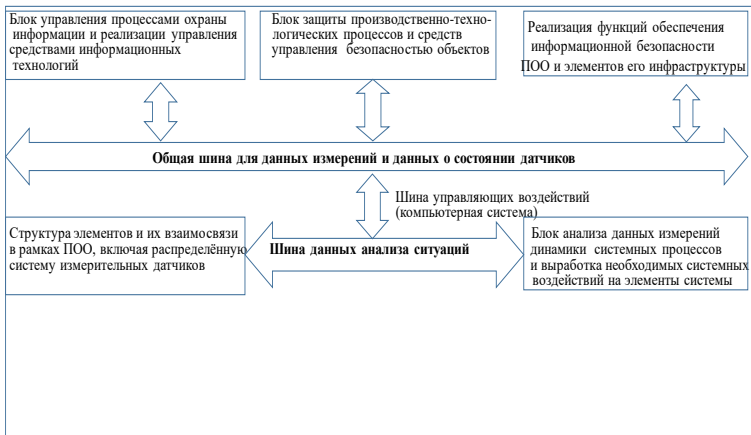


Рисунок. Блок-схема подсистемы информационной безопасности ПОО

Эффективность управления безопасностью ПОО, - является отличительной характеристикой деятельности управляющей объектом системы (включая средства ИТ), отражающаяся как на показателях эффективности работы самого ПОО, так и на его управленческой деятельности по безопасности инфраструктурных элементов объекта.

### Литература

1. Про затвердження Стратегії реформування системи державного нагляду (контролю), схваленої розпорядженням Кабміну 18.12.2017 р.
2. Регламент функціонування системи моніторингу і прогнозування ризику виникнення надзвичайних ситуацій. Проект [Електронний ресурс]. –[http://www.mns.gov.ua/content/national\\_lecture.html](http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html).
3. Нашинецъ-Наумова А. Ю. / Інформаційна безпека підприємства: теоретико-методологічні основи правового забезпечення. // ж. Адміністративне право і процес. – С. 147-154.
4. В.В. Бегун, П.П. Кропотов, В.Ф. Гречанинов. Теоретичне обґрунтування вибору індикаторів, змінних та показників моніторингу безпеки. // Математичні машини і системи, 2018, № 1, С. 90-100.
5. Литвинов В.В., Задорожний А.А., Богдан И.В. Язык блочного имитационного моделирования на базе модифицированных диаграмм деятельности UML. // Математичні машини і системи. 2017. № 4. С. 151–159.



6. Литвинов В.В., Задорожній А.О., Богдан І.В. Інформаційна технологія блочного імітаційного моделювання автоматизованих систем в умовах невизначеності вхідної інформації. // Математичні машини і системи. 2018. № 2. С. 46–55.

7. В.Н. Томашевский, И.В. Стеценко, Т.З. Фидаров. / Конструирование аналитико-имитационных моделей для структурно-функциональной оптимизации гарантированных компьютерных систем. // В сб. Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2017. – С. 299-304.

## **СУЧАСНІ ГІБРИДНІ АРХІТЕКТУРИ ГЛТБОВОГО НАЧАННЯ**

Штупун М.А.

Коваленко М.А.

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

З кінця 90-х років великого поширення набули гібридні архітектури глибокого навчання на основі неокогнітрона, що досягають вражаючих практичних результатів. Ці архітектури називаються згорточними нейронними мережами.

### **Softmax-шари**

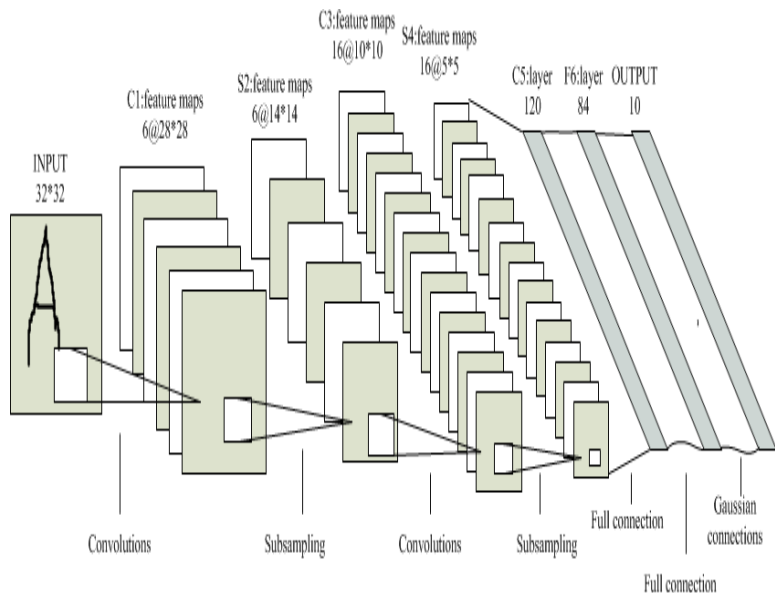
В сучасних ШНМ для моделювання імовірнісного розподілу використовуються softmax-шари, включають  $N$  нейронів за цільовою кількістю класів. Вихід кожного нейрона залежить від сумматорів всіх інших нейронів шару[1].

### **Субдискретизація, Max-Pooling-шари**

В сучасних ШНМ використовуються субдискретизуючі (subsampling) шари, що виконують зменшення вхідної карти ознак. Найчастіше для цього використовується метод вибору максимального елемента (max-pooling). Використання max-pooling дозволяє зробити мережу інваріантною до масштабних перетворень.

### **LeNet**

LeNet - перша сучасна згорточна нейромережа, розроблена в 90-х роках Яном ЛеКуном[2], навчалася для розпізнавання рукописних символів. Остання версія мережі LeNet-5 демонструвала на той момент вражаючі результати за рахунок реалізації кількох новаторських ідей. Основною відмінністю від неокогнітрона було включення субдискретизуючого max-pooling шару після кожного згорточного шару і включення повнозв'язних шарів на виході мережі (мал. 1.). З цього моменту згорточні і max-pooling-шари стають серцем сучасних глибоких мереж.



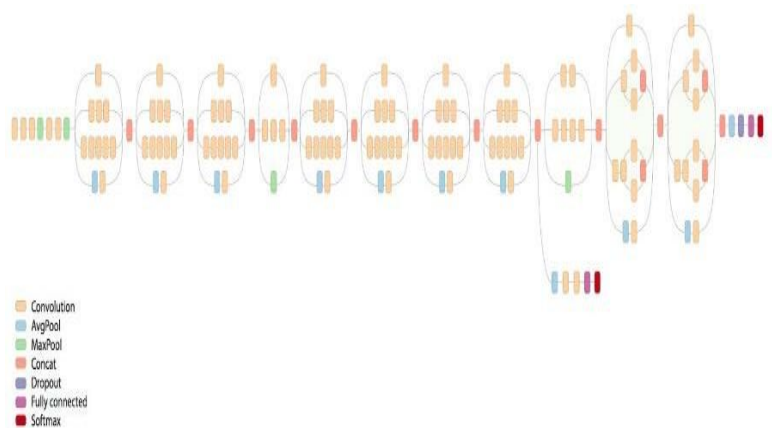
Малюнок.1 Архітектура LeNet

### AlexNet

У 2012 році відбулася ще одна новаторська подія: вперше в історії конкурс з класифікації зображень бази ImageNet на 1000 класів з перевагою точності розпізнавання майже в два рази виграла згорточна нейромережа AlexNet, навчена Алексом Крижевський. Архітектура включала згорточні шари, max-rooling-шари, повнозв'язні шари на виході мережі. Використовувалися методи dropout і локальної нормалізації. Як функції активації використовувалася функція ReLU. Навчання мережі проходило на двох потужних графічних прискорювачах протягом тижня.

### GoogLeNet, Inception

У 2014 році ImageNet Recognition Challenge виграла нейромережа Google GoogLeNet[3], на основі першої Inception-архітектури. В архітектурі був зменшений розмір згортки, були паралельно включені невеликі згортки різного масштабу, видалені повнозв'язні шари на виході мережі і замість них включені шари, названі global average pooling. Нова архітектура зазнала активного розвитку завдяки своїй ефективності. Inception-v3 - остання реалізація, що включає кілька десятків шарів (мал.2).



Малюнок 2 Архітектура Inception-v3

### ResNet (Residual Network)

Inception-ResNet Inception-v3 мав виграти ImageNet 2015 року[4], чого не сталося, оскільки з'явилася архітектура ResNet від Microsoft, в основі якої лежить метод передбачення різниці між метою розпізнавання і тим, що видають попередні шари. Таким чином, глибокі шари отримують можливість занулити ваги або пропустити сигнал. Архітектура отримала подальший розвиток, наприклад, у вигляді високоефективної гібридної мережі Inception-ResNet.

У даній роботі були розглянуті сучасні види архітектур нейромереж що знайшли своє практичне застосування у комп'ютерному зорі.

### Література:

1. Форсайт Д.А., Понс Ж. Комп'ютерне зір. Сучасний підхід. - М.: Вільямс, 2004. - 928 с.
2. Уоссермен Ф. нейрокомп'ютерних техніка: Теорія і практика. - М.: Світ, 1992. - 184 с.
3. Хайкін С. Нейронні мережі: повний курс, 2-е видання. - М.: Вільямс, 2008. - 1103 с.
4. Флах П. Машинне навчання. Наука і мистецтво побудови алгоритмів, які витягують знання з даних. - М.: ДМК Пресс, 2015. - 400 с.

## **ПРОЕКТУВАННЯ РОЗПОДІЛУ РОЛЕЙ КОРИСТУВАЧІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЙБІЛЬШОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СТУДЕНТІВ У ЕЛЕКТРОННОМУ НАВЧАННІ**

Д.Я. Руднев, А.Г. Гребенник

*Чернігівський національний технологічний університет*

Пріоритетом розвитку сучасної освіти України є впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, що забезпечує подальше вдосконалення освітнього процесу, доступність та ефективність освіти, підготовку молодого покоління до життєдіяльності в інформаційному суспільстві. Саме тому, сьогодні, для всіх вищих навчальних закладів стає актуальним Е-навчання. Причому не лише як форма дистанційної освіти, а як засіб зацікавлення студентів стаціонарної форми, підвищення рівня їх інформаційної грамотності [2].

В таких умовах на перший план в системі вищої освіти виходить систематична, та контрольована викладачем самостійна робота студента. Особливої важливості набуває питання її раціональної організації в вищому навчальному закладі. Великі можливості нам надають інформаційні технології, які здатні забезпечити студентів новими навчально-методичними матеріалами – електронними освітніми ресурсами.

*Електронні освітні ресурси (ЕОР)* – це навчальні, наукові, інформаційні, довідкові матеріали на засоби, розроблені в електронній формі та представлені на носіях будь-якого типу або розміщенні у комп'ютерних мережах, які відтворюються за допомогою електронних цифрових технічних засобів і необхідні для ефективної організації навчально-виховного процесу, в частині, що стосується його наповнення якісними навчально-методичними матеріалами [1].

Серед них необхідно відзначити достатньо популярний ресурс – web-додаток. При його створенні, необхідно зауважити, що у деяких системах управління курсами немає розподілу користувачів на ролі, тому ми пропонуємо у новостворюваній нами системі MELLS (Modern Electronic Learning System) розглянути розподіл ролей. Ролі користувачів ЕОР дуже важливі, оскільки кожен з них повинен виконувати свою роботу якісно для досягнення головної мети – якомога краще підготувати майбутніх фахівців. У системі MELLS за замовчуванням є такі ролі:

Адміністратор – необмежені права (див. рис.1).

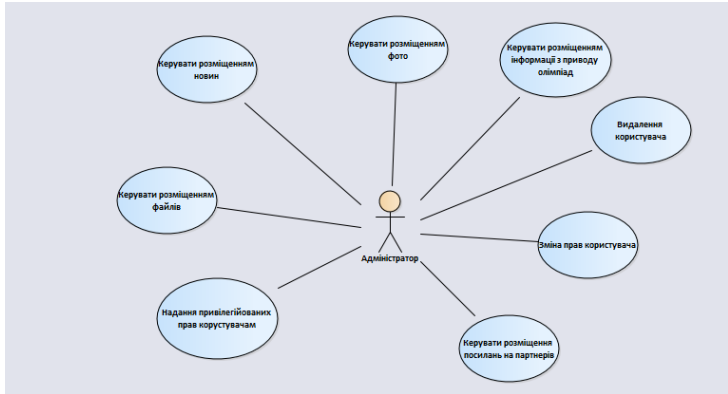


Рисунок 1 – Use-case діаграма для актора Адміністратор (розроблено автором)

Викладач – може додавати, та видаляти усі файли, фото, відео. Може змінювати інформацію про ті чи інші новини, записи, тощо. Може подавати списки студентів до адміністратора задля реєстрація студентів (див. рис 2).

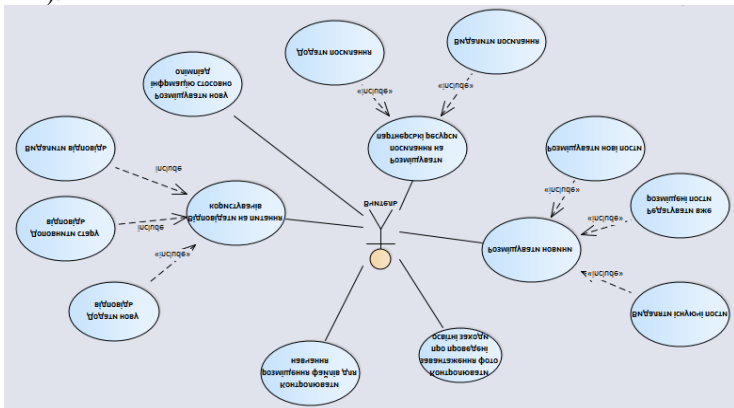


Рисунок 2 – Use-case діаграма для актора Викладача (розроблено автором)

Студент – має набір прав, що дозволяє працювати лише з потрібними (на розсуд викладача) матеріалами курсу (див. рис. 3).

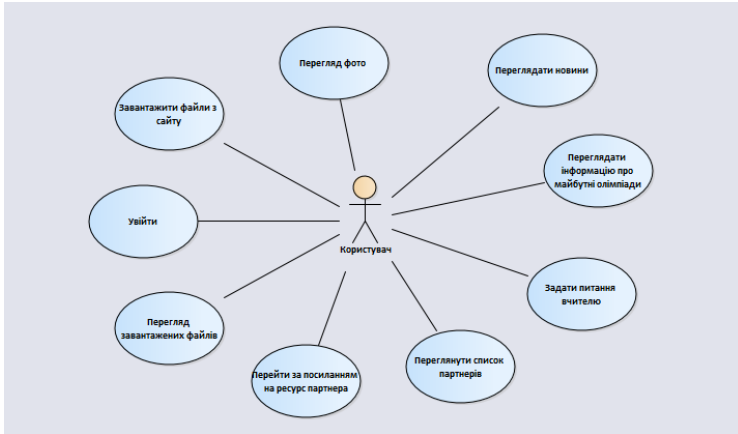


Рисунок 3 – Use-case діаграма для актора Студента (розроблено автором)

Гість – має самий обмежений набір прав, що дозволяє користуватися тими записами та матеріалами, які надані гостю. Не має прав брати участь у навчанні (див. рис. 4).

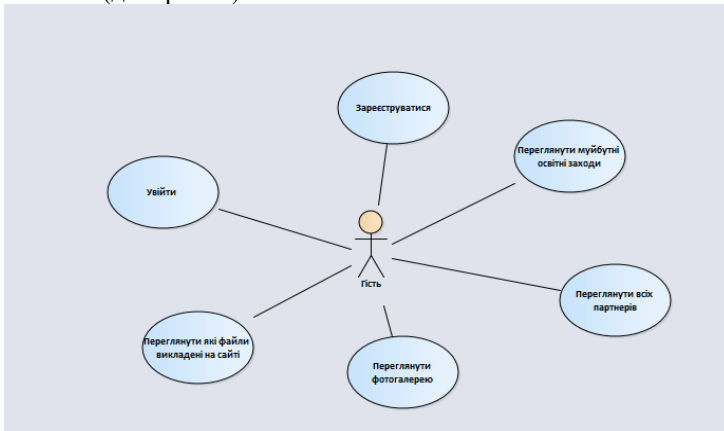


Рисунок 4 – Use-case діаграма для актора Гостя (розроблено автором)

Спираючись на розроблене проектування було реалізовано майже ідеальний розподіл ролей у MELS, який має явні переваги у роботі завдяки функціоналу інтерфейсу користувача. У рамках розробки системи MELS була проведено проектування нової системи ролей користувачів, яка є найкращою. Завдяки цьому буде значно покращена робота системи в цілому.

## Література:

1. SlideShare. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.slideshare.net/Kalachova/ss-30706764>.
2. Народна освіта. Електронне наукове фахове видання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.narodnaosvita.kiev.ua/Narodna\\_osvita/vupysku/10/statti/vinarahyk\\_t.htm](https://www.narodnaosvita.kiev.ua/Narodna_osvita/vupysku/10/statti/vinarahyk_t.htm).

УДК 004.8.032.26; 517.9; 681.3

## **ПРАГМАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНФОРМАЦИИ В ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ**

С.П. АЛЁШИН, Е.А. БОРОДИНА

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Украина*

Предлагается нейросетевая технология для автоматизации принятия решений классификации объектов или их состояний по поиску оптимального соотношения минимальных ошибок и рисков при ограниченных финансовых, материальных и временных ресурсах инвариантная широкому спектру предметных областей.

Для этого следует реализовать такой уровень формализации, выбрать критерии оптимальности и форму входных воздействий, при которых физические особенности исследуемых объектов и их состояний индифферентны решаемой оптимизационной задаче. Это позволит создавать эффективные программные приложения для широкого круга пользователей без существенных материальных, информационных и временных затрат на запуск данной технологии в практику.

Рассматривается возможность и целесообразность использования прагматических свойств информации в формате информационной меры Харкевича [1], позволяющей дифференцировать и количественно фиксировать влияние элементов вектора входных факторов на целевую функцию. При этом следует алгоритмически поставить в соответствие информационную меру каждого фактора, затраты на организацию сенсорного обеспечения, нормировку и декорреляцию элементов водного вектора, а также критерий эффективности и время реакции.

Предлагается подойти к реализации предлагаемого подхода как к решению задачи нелинейной оптимизации в многомерном пространстве

информативных признаков, обуславливающих состояния объекта анализа [1, 2].

Стандартные пакеты технического анализа данных (Matlab, Statistica и др.) позволяют конструировать нейросетевую среду и синтезировать ансамбль нейросетевых моделей различных архитектур и сложности [3], а также создавать самостоятельные приложения в основном программном коде.

В результате конечным продуктом становятся нейросетевые модели классификации объектов или их состояний, обеспечивающие поддержку решений в заданных ограничениях точности, рисков, времени реакции.

Формально задача сводится к следующему виду:

$$\begin{aligned} & \text{Sup} K_E(S, P, X, T_k) | \\ & \mathfrak{R}u(\Delta T) \leq A_0, \\ & \mathfrak{R}u(\delta) \leq B_0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $s \in S, S$  – множество текущих состояний объекта;  $p \in P, P$  – множество прогнозов динамики состояний объекта;  $x \in X, X$  – множество входных факторов;  $T_k, k \in \{0, 1, 2, \dots\}$  – моменты времени принятия решений;  $K_E$  – критерий эффективности решения;  $\Delta T, \delta$  – интервал времени на принятие решения и текущая степень адекватности модели, соответственно;  $\mathfrak{R}u(\Delta T)$  – ожидаемый ущерб от задержки принятия решения;  $\mathfrak{R}u(\delta)$  – ожидаемый ущерб от степени неадекватности модели;  $A_0$  – допустимый ущерб от принятого решения на границе РВ;  $B_0$  – допустимый ущерб от ошибок на контрольном множестве.

Допустимые ограничения (ожидаемый ущерб) устанавливаются экспертным путем.

Аналитическую меру важности каждого фактора количественно выразим через степень обусловленности им вероятности того или иного состояния объекта с использованием информационной меры Харкевича [1]:

$$I_i^j = \log_2 \left( \frac{P_i^j}{P^j} \right), \quad (2)$$



где  $I_i^j$  – есть количественная мера детерминирующей силы  $i$ -ого фактора на перевод объекта исследования в  $j$ -е состояние;  $P_i^j$  и  $P^j$  – соответственно вероятность перехода объекта в  $j$ -е состояние под воздействием  $i$ -го фактора и вероятность случайного перехода объекта в то же состояние.

При  $I_i^j > 0$  –  $i$ -й фактор способствует переходу объекта в  $j$ -е состояние; когда  $I_i^j < 0$  – препятствует этому переходу, когда же  $I_i^j = 0$  – никак не влияет на переход, объект индифферентен к управляющему воздействию. Это позволяет алгоритмизировать дифференциальную оценку практической важности множества входных факторов и сбалансировать запрос качества решения с ресурсными возможностями согласно (1).

Инструментально задача решена в парадигме метода сопряженных градиентов при реализации алгоритма обратного распространения ошибки в обучении нейросети [4,5]. Сходимость алгоритма модификации весовых коэффициентов отвечает требованиям практики и характеризуется относительной устойчивостью (рис.1):

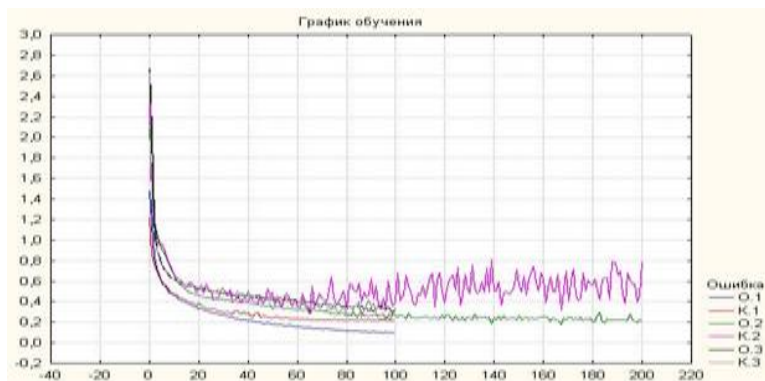


Рис.1 Сходимость алгоритма обучения сети для различных условий

## Литература

1. Харкевич А.А. О ценности информации / А.А. Харкевич. – М.: Физматгиз, 1960. – Вып. 4. – С.53 – 57.
2. Хайкин, С. Нейронные сети: Полный курс. 2-е издание / Хайкин

С. М.: "Вильямс", 2006. – 1104 с

3. Боровиков В.П. STATISTICA NN – техническое описание / Боровиков В.П. – М.: Мир, 1999. – 239 с.

4. Нейросетевое распознавание классов в режиме реального времени [Электронный ресурс] / С.П. Алёшин, Е.А. Бородин // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1494>.

5. Обучение искусственной нейронной сети как проверка гипотез статистического решающего правила / А.Л. Ляхов, С.П. Алёшин // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – № 2(144) – С. 92 – 95.

УДК 378.146

## **СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

О.О. Симонов, А.Г. Гребенник

*Черниговский национальный технологический университет*

С увеличением сложности информационных систем и выделением отдельных сервисов остро стала проблема авторизации и аутентификации.

*Аутентификация* – это процесс проверки подлинности чего-либо [3].

*Авторизация* – предоставление определённому лицу или группе лиц прав на выполнение определённых действий; а также процесс проверки (подтверждения) данных прав при попытке выполнения этих действий [1].

Проблема устаревших систем в том, что обычно каждый из сервисов сам занимался как аутентификацией так и авторизацией. При этом повышался риск потери данных, стоимость хранения и обслуживания. Такие системы не позволяют выстраивать взаимодействия между сервисами, так как если на одном из сервисов данные были скомпрометированы, другие сервисы не могут доверять достоверности предоставляемой информации. Так же подобные системы подвергаются типу атаки «человек посередине» [6, 7].

Эти и другие проблемы, по защите и обмену информацией были решены в открытых протоколах OpenId Connect и OAuth [4, 8].

*OpenId Connect* – открытый стандарт децентрализованной системы аутентификации, предоставляющей пользователю возможность создать

единую учётную запись для аутентификации на множестве не связанных друг с другом интернет-ресурсов, используя услуги третьих лиц [2].

*OAuth* – открытый протокол (схема) авторизации, который позволяет предоставить третьей стороне ограниченный доступ к защищённым ресурсам пользователя без необходимости передавать ей (третьей стороне) логин и пароль [5].

Главной целью нашего исследования состоит в упрощении процесса аутентификации и авторизации, а также повышении безопасности и улучшении пользовательского опыта от использования больших систем. В работе рассмотрена собственная система идентификации пользователей, которая будет реализовать OpenId Connect и OAuth протоколы (см. рис. 1).

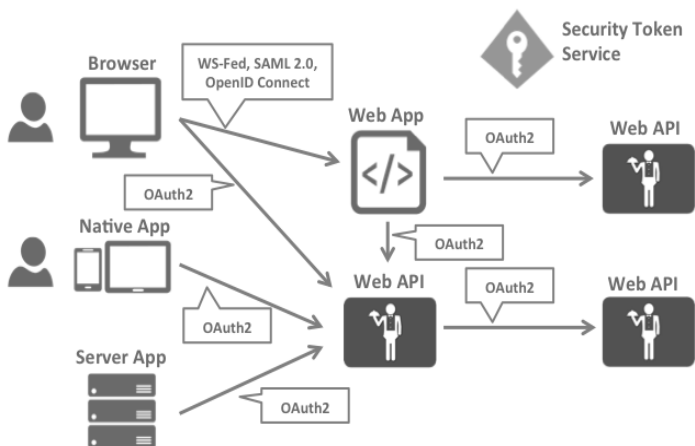


Рисунок 1 – Взаимодействие сервисов и системы идентификации

В качестве сервисов выступают Web App, Web API. Для авторизованного доступа клиентов (Browser, Native App и Server App). Системы аутентифицируются в Security Token Service используя OpenId Connect. И далее взаимодействуют с сервисами используя OAuth протокол.

Основным отличием от уже имеющихся аналогов является то, что система может разместиться на собственном сервере и быть полностью автономной, что является очень важным фактором в банковской, государственной, военной и других сферах, где безопасность пользовательских данных очень важна.

В рамках поставленої задачі були проведена інтеграція сервера ідентифікації з уже функціонуючою системою. Було проведено порівняння виділеного сервера ідентифікації і вбудованої системи ідентифікації всередині сервісу. На основі цих оцінок було показано перевагу розробленого виділеного сервера ідентифікації.

### **Література**

- [1] Barry Ferg, Brad Fitzpatrick “OpenID Authentication 2.0 Specification” December 5, 2007
- [2] David Recordon “Microsoft and Google Both Ship OpenID” December 3, 2007
- [3] Nat Sakimura, John Bradley “Technology Leaders Join OpenID Foundation” June, 2007
- [4] D. Hardt, J. Bufu, Sxip Identity, J. Hoyt, Jan Rain “OpenID Attribute Exchange 1.0” December 5, 2007
- [5] DRAFT NIST Special Publication 800-63B. Digital Authentication Guideline. Authentication and Lifecycle Management
- [6] Eric Grosse, Mayank Upadhyay, Authentication at Scale. IEEE Security and Privacy, January/February 2013
- [7] Чеклецов В.В. Ідентифікація та ідентичність в кіберфізичному світі
- [8] *Bart van Delft and Martijn Oostdijk. A security analysis of OpenID* — Springer. — С. 73 – 84.

УДК 004.942:930.24

## **ЕКСПЕРТНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ КЛІОМЕТРИЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

С.В. Голуб, Н.О. Химиця

*Черкаський державний технологічний університет, Національний університет «Львівська політехніка», Україна*

На початку ХХІ століття, особливо в період соціального хаосу, коли передбачуваність ходу історії значно послаблюється і збільшується можливість неочікуваних варіантів розвитку подій, зростає актуальність багатопараметричного моделювання для вивчення історичних альтернатив. В межах такого підходу реалізується принцип синергетики як міждисциплінарної науки, що займається вивченням процесів самоорганізації та виникнення, підтримки стійкості та розпаду структур (си-

стем) різної природи. Таким чином, синергетика дозволяє історикам виявити, в яких умовах малі впливи спричиняють на складну систему масштабні зміни та лавиноподібні процеси.

В сучасних складних умовах економічної кризи та суспільних трансформацій цінність якісних історичних знань постійно зростає, оскільки дозволяє пояснювати закономірності соціально-економічних подій, визначає тенденції, взірці майбутнього. Це необхідно для вироблення механізму раціональної організації суспільних процесів, урахування ресурсів політичної влади, особливо таких її компонентів і форм, як авторитет, контроль, вплив, примус тощо.

Теоретичні основи математичного моделювання розробляв і застосовував І. Ковальченко [1]. Американський економіст, один з основоположників кліометрії Р. Фогель практикував контрфактичне моделювання для дослідження економічних процесів [2]. Вивченням нелінійних процесів активно займається професор Л. Бородкін [3]. Під його керівництвом реалізовано проект дослідження альтернатив історичного розвитку радянської Росії 1929 року, періоду «великого перелому» (коли відбувався перехід від нової економічної політики до індустріалізації та колективізації).

Метою нашого дослідження є розробка методу кліометричного моніторингу для виявлення схожих історичних періодів, застосовуючи кластеризацію векторів їх чисельних ознак.

Соціально-економічний та демографічний розвиток України досліджувався впродовж 1998-2012 років, за допомогою технології багаторівневого інтелектуального моніторингу [4]. Моделювалась залежність валового внутрішнього продукту країни від соціально-економічних показників. Для синтезу моделей використовувався багаторядний алгоритм МГУА [5]. Синтезувалась множина моделей. Після випробувань відбирались моделі, що відповідають критеріям точності, адекватності та стійкості та оцінювалась впливовість соціально-економічних показників, що увійшли до структури цих моделей. Впливовість показників визначалась за ваговими коефіцієнтами, що розраховувались за формулою (1):

$$W_i = \frac{F'_{x_i}}{\sum_{i=1}^n F'_{x_i}} \quad (1)$$

де  $F'_{x_i}$  – частинна похідна моделі по її  $i$ -й змінній,

$n$  – кількість показників, що увійшли до структури моделі.

Метод кліометричного моніторингу поєднує використання процесів кластеризації історичних періодів за їх чисельними ознаками та експертного обґрунтування результатів кластеризації відповідно до таких етапів:

1. Визначається перелік ознак, що є важливими для прийняття рішень за результатами моніторингу історичних процесів експертним шляхом.

2. Формується масив чисельних характеристик для важливих ознак. Точкою спостереження є чисельні характеристики впродовж одного року.

3. Проводиться кластеризація точок спостереження за результатами моделювання.

4. Висувається гіпотеза про подібність історичних процесів, що проходили впродовж років, що утворили окремі кластери.

5. Проводиться перевірка висунутих гіпотез шляхом їх експертного обґрунтування із використанням методів історичних досліджень.

Якщо експертним шляхом вдалось обґрунтувати висунуті гіпотези, історичні періоди, що ввійшли до одного кластера, вважаються подібними. Якщо цього зробити не вдається – проводяться наступні дослідження і висновки з приводу подібності історичних періодів не оголошуються.

Кластеризація векторів ознак історичних періодів проводилась за результатами моделювання [5, 6]. Кожен історичний період відображається одним вектором чисельних характеристик цих ознак. Перелік та межі історичних періодів, а також перелік характеристик визначений експертним шляхом. Результати подані у вигляді двовимірної таблиці масиву вхідних даних (2):

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{k1} & x_{k2} & \dots & x_{kn} & y_{k1} & y_{k2} & \dots & y_{km} \end{pmatrix} \quad (2)$$

де  $x_{ij}$  –  $j$ -тий незалежний показник  $i$ -го історичного періоду,  $y_{ij}$  –  $j$ -тий залежний показник  $i$ -го історичного періоду,  $k$  – кількість векторів;  $n$  – кількість показників,  $m$  – кількість історичних періодів.

Необхідно розробити метод кластеризації історичних періодів у вигляді функції

$$a : (X_i, y_i) \rightarrow r, \quad (3)$$

де  $r$  – номер кластера який утворює множину кластерів  $R$ .

Процес кластеризації кожного вектору ознак історичного періоду ставить у відповідність номер кластера  $r \in R$ . При цьому потужність множини  $R$  наперед не відома.

Експерт-історик здійснив оцінку історичних періодів.

*1 кластер 2001-2012 рр.* : зменшення інвестицій в основний капітал; посилення процесів індустріалізації; криза в машинобудуванні, хімічній промисловості; зростання в галузі сільського господарства, торгівлі, транспорті; за джерелами фінансування суттєву роль відіграють кредити банків та інші позики; від'ємне сальдо торговельного балансу; брак інвестицій; надприбутки експортних галузей у повному обсязі потрапляли в кишені олігархічних кіл; зростання обсягів соціальної допомоги; неконтрольована міграція населення; зростання демографічного навантаження.

*2 кластер 1999-2009 рр.*: економічне падіння, внаслідок чого ВВП знизився до 40,8%; порушення макроекономічної рівноваги, співвідношення між рівнем оплати праці та валовим прибутком/змішаним доходом у структурі ВВП, не мало характеру сталої тенденції; промисловість була провідною галуззю реального сектора економіки, зберігаючи найбільшу частку в його структурі (у 2008 р. на неї припадали 46,1% валового випуску товарів і послуг і 31,3% валової доданої вартості); більш як 2/3 загального обсягу промислової продукції припадало на галузі, що виробляють сировину, матеріали й енергетичні ресурси; частка продукції соціальної орієнтації становить 1/5 загального обсягу промислового виробництва. Майже зникла легка промисловість (1999 р. — 1,6%, 2008 р. — 0,9, серпень 2009 р. — 0,8%); галузь машинобудування, хоча і додала в темпах розвитку протягом 1999–2007 рр., але її частка в структурі промисловості через кризу знизилася до 10,3%, що було 3—4 рази нижче за рівень розвинутих країн.

*3 кластер 1998-2002 рр.*: приріст реальних доходів громадян у 5-6 раз перевищував ВВП; відбувалося зростання заробітної плати; реальне зростання ВВП становило 4,1-9 %; зафіксовано приріст виробництва у промисловості; темпи зростання експорту товарів перевищували темпи зростання імпорту; збільшилася конкурентно-спроможність українських товарів; пропозиція валюти перевищувала попит.

Отже, у дослідженні експериментально доведено ефективність поєднання процесів кластеризації історичних періодів із експертною інтерп-

ретацією її результатів. Результати моделювання отримані за допомогою інформаційної технології багаторівневого моніторингу доцільно використовувати для виявлення однотипних (за механізмами впливу на економіку, яка створює ВВП) періодів історії України.

### **Література**

1. Ковальченко И.Д. Методы исторического исследования (второе издание). – М., 2003. – 454 с.
2. Williamson S. Cliometrics history in the United States (translation A.N.Polevaia) // Economic History. Review / Ed. V.I.Bovykin and L.I.Borodkin. Vol. 1. М., 1996, – P. 75-107.
3. Бородкин Л.И. Моделирование исторических процессов: от реконструкции реальности к анализу альтернатив. — СПб.: Алетейя, 2016.
4. Голуб С.В. Координація взаємодій локальних агрегатів в структурі систем багаторівневого перетворення моніторингової інформації // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2009. – № 6(136). – Частина 1. – С. 325-329.
5. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко – К.: Наукова думка, 1981. – 296 с.
6. Голуб С.В. Особливості створення інформаційних систем кризового соціоекологічного моніторингу // С.В. Голуб, П.О.Колос // Системи обробки інформації. – 2011. – Вип. 4(94). – С. 273-277.

УДК 004.75

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ЗАХИСТУ АВТОРСЬКИХ ПРАВ**

Р.В. Терещенко

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”*

Питання охорони інтелектуальної власності сьогодні вийшли у світі на перший план і стали вже не просто юридичними або комерційними питаннями. Від вирішення проблеми створення ефективної системи охорони інтелектуальної власності залежить міцність фундаменту для інноваційної моделі розвитку України, її модернізації, підвищення конкурентоспроможності у світовій соціально-економічній системі. До складу системи відноситься не лише законодавча база, але й технічні засоби реалізації захисту інтелектуальної власності сучасними інформаційними технологіями.



Унаслідок всеосяжної інтелектуалізації сучасної світової економіки питання захисту прав інтелектуальної власності дедалі більше стають політичною проблемою, пов'язаною з економічною безпекою та вимагають стратегічних підходів до їхнього вирішення. Формально законодавча база з охорони інтелектуальної власності існує вже тривалий час. Проте станом на сьогодні є складність практичного забезпечення захисту авторських прав у всесвітній мережі Інтернет через її техногенну основу [1]. Твори, представлені в електронній формі та доступні в мережі, можуть бути використані необмеженим колом користувачів у будь-який момент часу. Кожен твір, розміщений в мережі Інтернет, стає легкою здобиччю для порушників авторського права. Проблемою пересічних споживачів є те, що вони не мають можливості встановити, чи є копія інтелектуального твору у електронному вигляді піратською, чи ні.

На разі існують програми, що дають можливість виявляти в мережі користувачів, які нелегально скачують кіно чи музику. Уже існують інформаційні системи, де будь-який творець тексту, опублікованого в Інтернеті, може зареєструвати його і відслідковувати плагіат. З метою недопущення несанкціонованого розповсюдження об'єктів права інтелектуальної власності нині активно використовуються такі захисні методи, як шифрування, паролі, цифрові водяні знаки, контроль доступу, електронні конверти тощо [2]. Спроби світового співтовариства пристосувати інформаційні технології до захисту прав на об'єкти інтелектуальної власності знайшли відображення у системах "цифрового управління правами" (DRM), що спрямовані на автоматизацію процесу ліцензування творів та забезпечення чіткого виконання умов ліцензій [3].

Ненадійність описаних підходів до технічного забезпечення захисту авторських прав полягає в тому, що вони не мають пов'язування інтелектуального твору та його властивостей з міткою часу, коли він був створений чи переданий у власність іншій особі. Також у сучасній системі охорони інтелектуальної власності існує складність доведення авторства через те, що потрібно посилається на думку третьої сторони.

На теперішній момент передовою технологією, що дозволить зберегти пов'язування інтелектуального твору та його властивостей з міткою часу, коли він був створений, та забезпечити найвищий ступінь захисту від підробки та втрати цієї інформації є технологія блокчейн. Дана технологія зберігання інформації в даний момент є революційною. Такий метод зберігання інформації може мати вирішальне значення для забезпечення надійності зберігання інформації про авторство та підвищення

ефективності його доведення. Блокчейн набув широкого поширення завдяки криптовалюти, оборот якої був побудований на даній системі зберігання інформації, і що найголовніше, подібний метод є універсальним, і може бути застосований в будь-якій галузі. Незалежно від того, які відбуваються операції, суть алгоритму залишається незмінною: пов'язані між собою блоки інформації, що представляють базу даних, заповнюються учасниками транзакцій, тобто всі їхні дії фіксуються в єдиній базі, до інформації про яких є доступ у всіх учасників транзакцій.

Сенс ланцюжка полягає в тому, що всі дії повинні бути пов'язані з собою, абстрактно кажучи, як причина і наслідок, тобто, якщо громадянин здійснює банківський переказ зі свого рахунку, то ці гроші повинні у нього якось виявитися, і бути відображені в базі даних, в силу чого всі транзакції синхронізуються між собою. Подібна технологія зберігання інформації повністю створює прозорість усіх існуючих відносин, і може застосовуватися в будь-якій сфері діяльності, зокрема забезпечення захисту авторських прав. Доступ до бази даних транзакції не будуть схвалені. Також, внесення і коригування даних не зможе проводитися без всіх учасників транзакцій.

Структура даних “блокчейн” – це упорядкований назад, пов'язаний між собою список блоків транзакцій. Блокчейн може зберігатися у будь-якому файлі або просто в базі даних. Блоки пов'язані назад – це означає що кожен посилається на попередній блок в ланцюзі. Кожен блок в блокчейні ідентифікується хешем, який генерується з використанням криптографічного алгоритму SHA256, застосованого до заголовка блоку. Кожен блок також посилається на попередній блок, відомий як батьківський блок, через поле “хеш попереднього блоку” в заголовку блоку. Іншими словами, кожен блок містить хеш свого предку всередині власного заголовка. Послідовність хешів, що зв'язують кожен блок з його батьком, створює ланцюг, що тягнеться до найпершого блоку з коли-небудь створених, відомому як генезис-блок. Хоча блок має тільки одного з батьків, він може тимчасово мати кілька дочірніх блоків. Кожен з дочірніх блоків посилається на один і той же батьківський блок і містить той же хеш в полі “хеш попереднього блоку”. Хеш дочірнього блоку змінюється, якщо змінюється хеш батьківського. Коли батьківський блок отримує будь-які зміни, змінюється його хеш. Змінений хеш батьківського блоку вимагає зміни посилання “хешу попереднього блоку” в дочірньому блоці. Це в свою чергу змінює хеш самого дочірнього блоку, яке, в свою чергу, змінює посилання у свого попереднього блоку, який, в свою чергу змінює хеш вже свого попереднього блоку, і так далі. Це каскадний ефект гарантує, що якщо за блоком було багато

покоління, він не може бути змінений без перерахунку всіх наступних блоків. Так як для подібного перерахунку потрібна величезна кількість обчислень, довгий ланцюг блоків робить глибоку історію в блокчейні незмінною, що є ключем до безпеки реєстру авторства творів.

При роботі з сервісами по захисту авторського права найкращим вибором стане приватний блокчейн, бо не можна надавати дозвіл на внесення змін до блокчейну необмеженому колу людей. На жаль, якщо данні про твір і були внесені у реєстр, то це не означає, що особа, яка зробила внесення є автором – про це інформація не фіксується. В блокчейні лише зберігається тимчасова позначка про внесення даних і незмінність твору. Тому така інформація не повинна бути у відкритому доступі, а блоки у реєстрі повинні бути знеособлені та зашифровані. І саме у випадку з авторським правом, можна бути впевненим, що ніякий зловмисник не зможе підробити результати реєстру. Для того, щоб перевірити наявність твору і дату його внесення до реєстру, потрібно буде лише подати заявку до спеціального сервісу, а тоді з отриманим результатом вже звертатися до суду. І саме тут виникає ще декілька питань, а саме реалізація сервісів та їх упізнання судом.

Важливою умовою для суду є спосіб отримання доказів. Інформація, здобута із порушенням закону не вважається за дійсну. Суд прийме докази створенні в блокчейні за умовою, що вони були отримані без порушень. В Україні, на відміну від деяких інших країн блокчейн визнається юридично дійсним і може бути використаний в суді для захисту авторського права.

У випадку звернення до суду, всі записи збереженні у блокчейн будуть представленні у вигляді писемного доказу. Попри це вони все одно є електронними документами та тому повинні містити простий електронний підпис. Електронним підписом є інформація завдяки якій можна визначити, хто підписав інформацію, її приєднують до файлу, що зберігається в блокчейні. Рекомендується упевнитись у надійності якості збереження та посилання електронних доказів. Документи повинні зберігати свою цілісність та не містити змістових змін, адже тоді документ буде вважатися недійсним.

Отже, відносно захисту авторських прав, система, побудована з використанням технології блокчейн, може надати новий рівень володіння активів, яка забезпечує видимість використання, володіння, методів передачі і простоти оплати за інтелектуальну власність. Завдяки цьому користувачі зможуть побачити хто автор і кому належать права на той чи інший об'єкт, створюючи глобальну книгу із записом про власність. Основна ідея, реалізована блокчейном — прозорість відносин, відсутність

централізованого контролю за базою даних, яка може допомогти уникнути повсюдне порушення авторських прав.

### Література

1. Грабовська В. М. Способи та форми захисту авторського права — Режим доступу:

<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/14315/1/СПОСО%20БИ%20ТА%20ФОР%20МИ%20ЗАХИСТУ%20АВТОРСЬКОГО%20ПРАВ А.pdf>.

2. Шостак Н. В. Дослідження стійкості алгоритмів захисту авторських прав на відеопродукцію / Н. В. Шостак, А. А. Астраханцев, С. В. Романько // Системи обробки інформації. - 2017. - Вип. 2. - С. 138-143. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi\\_2017\\_2\\_29](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2017_2_29)

3. Нагорняк Г. Стан та проблеми захисту інформаційних продуктів як об'єктів авторського права у мережі Інтернет [Електронний ресурс] / Г. Нагорняк, І. Нагорняк, З. Оксентюк // Соціально-економічні проблеми і держава. — 2012. — Вип. 2 (7). — С. 209-217. — Режим доступу: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2012/12nhsumi.pdf>.

УДК 004.89

## НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИТУАЦІЙНИХ ЦЕНТРІВ ПРИ ЇХ СТВОРЕННІ ТА ФУНКЦІОНУВАННІ.

Гречанінов В.Ф., Лопушанський А.В.

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України*

### Вступ

Ситуаційні центри (СЦ) – це автоматизовані системи підтримки прийняття рішень, вони призначені підвищити швидкість та обґрунтованість прийняття управлінських рішень [1]. Проте за останні роки розвиток технологій, значне збільшення кількості та різноманітності СЦ в усіх частинах світу також висвітили нові питання. Такі, наприклад, як налагодження взаємодії інформаційних систем центрів управління різних відомств та здатність людини традиційними засобами усвідомити ті величезні обсяги даних, які генерують сучасні засоби спостереження і зв'язку. Проблемною справою залишається успішність реалізації будь-якого складного проекту в області автоматизації управління за участю багатьох зацікавлених осіб.

Розглянемо деякі шляхи підвищення ефективності та питання, які необхідно враховувати при створенні та функціонуванні СЦ.

1 Чітка спрямованість проєкту та його реалізації на відповідність меті створення СЦ

СЦ не є просто сукупністю приміщень, окремих інструментів відеоконференцій, спостереження, презентацій, засобів безпеки, коли керівництво отримує в своє розпорядження простору переговорну з величезним екраном, на який оперативно і красиво виводяться дані з таблиць Excel або підготовлені вручну презентації.

СЦ – це інтегрована система, що поєднує людський інтелект, новітні інформаційні технології, сучасні програмно-технічні засоби і засоби моделювання, що дозволяють в людино-машинному режимі приймати рішення та прогнозувати наслідки цих рішень.

Сутністю СЦ є зв'язування систем та комунікацій не тільки для збору інформації, але також для забезпечення розробки рішень та безперерійного розповсюдження важливих інструкцій та наказів.

## 2 Забезпечення доступності необхідної інформації

Оперативні, повні і наочно представлені аналітичні дані, необхідні для прогнозування і прийняття управлінських рішень, є найціннішим ресурсом СЦ. Але питання збору достовірної інформації важливо вирішувати ще на стадії проєктування і передбачати необхідні організаційні зміни, що забезпечують збір всіх потрібних даних.

СЦ покликані вирішувати проблеми обміну інформацією при міжвідомчій взаємодії шляхом створення єдиного інформаційного простору, в рамках якого перетинаються представники різних відомств і вирішують єдину проблему, в процесі чого з'являється найбільш ефективне управлінське рішення. Але в процесі обміну інформацією між відомствами можуть виникати складнощі передачі інформації про рішення того чи іншого питання від простих виконавців до відповідальних посадових осіб, а звідти в СЦ.

Щоб вирішити цю проблему необхідно розділити систему міжвідомчої взаємодії на два рівня, а саме: на рівень функціональних груп експертів (тобто налагодити обмін на рівні різних підрозділів і експертів) та на організаційний рівень (тобто рівень прийняття рішень).

## 3 Уникання надмірної постійної залежності СЦ від компанії-розробника

Впровадження СЦ – лише перший крок в довгостроковому партнерстві з колективами, які його створили. Але часто формується залежність від постачальників спеціалізованого програмного забезпечення або компанії-інтегратора, яка провела впровадження.

Для протидії цьому необхідно в першу чергу звернути увагу на ділянки з найбільшою кількістю змін. Щоб не опинитися в ситуації, коли кожна зміна системи звітності або підключення нового джерела даних

вимагатиме витратного доопрацювання системи, слід заздалегідь потурбуватися про включення в вимоги до СЦ засобів автоматичної настройки звітності та підтримки відкритого програмного інтерфейсу, який дозволив би завантажувати дані з систем, що розробляються різними компаніями.

Звичайно, цей підхід висуває більш високі вимоги до рівня підготовки персоналу ситуаційного центру. Однак незалежність від постачальника в рішенні порівняно дрібних, але часто виникаючих завдань дозволяє не тільки знизити витрати, але і скоротити час впровадження змін, що часто є вирішальним фактором.

4 Розробка нормативної та методичної документації по організації діяльності СЦ

Сьогодні СЦ пропонують більшою частиною саме технічні рішення, а не технологічні, які включають різні моделі готових рішень і прогнозування сценаріїв з подальшою їх коригуванням. Необхідно також розробити нормативні акти і регламенти та вдосконалити технологічні рішення, зокрема, впровадити можливість експертної наради за допомогою мережі Інтернет або режим планового обговорення проблем.

5 Розробка типових рішень та типової проектно-кошторисної документації створення ситуаційних центрів

Для створення єдиної мережі СЦ життєво необхідно розробити типову проектно-кошторисну та нормативну документацію, типові рекомендації щодо побудови СЦ. Стандарти повинні забезпечити інструкції або вимоги щодо побудови, обслуговування та використання СЦ. Підготовлені стандарти мають допомагати встановити критерії для обладнання, алгоритмів дій, обміну даними, систем зв'язку, систем моніторингу ситуацій, управління ризиками, оціночних заходів та реагування на конкретні види надзвичайних ситуацій.

6 Можливість подальшої модернізації СЦ

Підвищення обчислювальної потужності сучасних комп'ютерів призводить до збільшення вимог по їх розміщенню, електроживленню та охолодженню. При проектуванні важливо усвідомлювати, що існуючі оцінки теплових та енергетичних навантажень в перспективі можуть бути переглянуті.

7 Зменшення демаскуючого електромагнітного випромінювання та підвищення мобільності військових пунктів управління (які є реалізацією СЦ).

В останні роки цим питанням приділяється велика увага в США. Це викликано усвідомленням серйозної загрози, яка була виявлена при вивченні досвіду застосування російських засобів радіоелектронної боротьби з 2014 року.

Генерал-лейтенант Брюс Кроуфорд (Bruce Crawford) визначив актуальність проблеми в тому, що російські війська мають можливість аналізувати електронне випромінювання, подавати дані на системи управління вогнем та наносити удари по військам України та, потенційно, по силам НАТО. Вік сказав: "Ця загроза має особливе значення для будь-якого військового пункту управління: складного скупчення генераторів, наметів, комп'ютерів та засобів зв'язку. Вони просто палають в електромагнітному спектрі... Якщо наші пункти управління можна буде знайти, їх можна буде знищити" [2].

Висуваються нові технологічні цілі, серед яких [3]:

- технологія захищеного бездротового швидкого підключення;
- підвищення мобільності шляхом зменшення кількості наметів, причепів і генераторів;
- використання інтелектуальних енергосистем та мікропроцесорів для збільшення стійкості та зменшення електромагнітного шуму;
- масштабованість для інтеграції в структуру командування на різних рівнях;
- зменшення візуальної та електронної помітності, щоб поліпшити прихованість, маскуваність та живучість;
- забезпечення низької ймовірності виявлення і наведення засобів ураження візуально чи по тепловому та електромагнітному випромінюванню.

Програма Command Post Computing Environment (комп'ютерне середовище командного пункту) дозволить, серед іншого, знизити втричі вагу серверів у командному пункті та легше та швидше збиратися і рухатися. Ціль полягає в тому, щоб бути готовими включитися до інформаційної мережі через п'ять хвилин після передислокації на нове місце. Керівництво Армії США вважає, що в майбутніх війнах із сильним противником військам та штабам доведеться рухатися погодино, на відміну від стаціонарних баз в Іраку та Афганістані [4].

**Висновки**

Державні органи сектору безпеки та оборони сьогодні стикаються з новими проблемами. Постійно еволюціонуючі загрози, організаційні виклики та нові технології роблять проектування їх СЦ більш складним ніж раніше. Однак, використовуючи структуровані методології, залучаючи від початку проекту досвідчених експертів для керування проектуванням, можливо уникнути помилок при дизайні та забезпечити працездатність та ефективність СЦ.

**Література:**

1. Морозов А.О. та ін. Ситуаційні центри (теорія і практика)/ під ред. Морозова А.О., Кузьменко Г.Є., Литвинова В.А. – К.: Інтертехнодрук, 2009. – 346 с.

2. Colin Clark, Army Pledges To Fix Networks; Skeptics Abound, October 10, 2017, [Електронний ресурс] : – Режим доступу: <https://breakingdefense.com/2017/10/army-pledges-to-fix-networks-skeptics-abound/>

3. Dan Lafontaine, Army launches effort to integrate command post components, [Електронний ресурс] : – Режим доступу: [https://www.army.mil/article/198943/army\\_launches\\_effort\\_to\\_integrate\\_command\\_post\\_components](https://www.army.mil/article/198943/army_launches_effort_to_integrate_command_post_components)

4. Mark Pomerleau, October 2, 2017, Army looks to streamline command post tech: , [Електронний ресурс] : – Режим доступу: <https://www.c4isrnet.com/special-reports/tactical-networks/2017/10/02/army-looks-to-streamline-command-post-tech/>

УДК 004.67

## **ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СПОРТИВНИХ ПОДІЙ**

О.Г. Жданова, Б.В. Романченко, М.О. Сперкач

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна*

На сьогоднішній день поняття беттингу та букмекерства стають все більш популярними. Використовуючи різноманітні методи люди намагаються передбачити результати майбутніх подій. Для цього необхідно вміти аналізувати предметчеву статистику. Кожна особа, що займається беттингом має брати до уваги велику кількість факторів, що безпосередньо впливають на спортивну подію. Але деякі параметри зовсім неочевидно залежать один від одного та мають достатній вплив на інші параметри.

Огляд існуючих рішень. Існує ряд методів, які дослідники застосовують для отримання очікуваного результату. У роботі [1] використовуються методи штучного інтелекту для створення передбачень на матч. Деякі науковці [2] розглядали можливість застосування чисельного прогнозування, де можливо передбачити відрізок виграшу – числове значення. Проте наше рішення пропонує слідувати за стратегіями, які були перед цим перевірені на минулих дослідженнях. У некомандних видах спорту дослідники використовують моделі машинного навчання для прогнозування продуктивності гравця. Наприклад, у роботі



[3] порівнюються нейронні мережі й нелінійна регресія для прогнозування довжини метання списа.

Опис запропонованого методу. Беттингова стратегія, або беттингова система – це структурований підхід з метою отримання заробітку. Щоб добитися результату – система повинна повернути перевагу «будинку», тобто букмекерської компанії у свою сторону, що можливо в іграх з нефіксованими коефіцієнтами.

Після створення стратегії – є необхідність перевірити її на правильність. Наразі ми пропонуємо здійснити над нею «бектестинг», що означає моделювання роботи стратегії, починаючи з якогось моменту в минулому.

**Постановка задачі.** Існує масив спортивних подій. Кожна подія має свої параметри, такі як час та коефіцієнти. У кожен відрізок часу команда має свої параметри, такі як, наприклад, кількість матчів, зіграних у нічию, програних чи виграних підряд, які необхідні для певних стратегій.

Користувач може сконфігурувати свою «стратегію». Під стратегією мається на увазі набір правил (факторів), за яким фільтруються події. Такими факторами можуть бути як і коефіцієнт на перемогу від букмекерів, так і середня кількість отриманих балів за гру, середня чи максимальна кількість нічиїх та багато інших.

Задачею є перевірка створеної стратегії шляхом аналізу минулих спортивних подій. Як результат ми повинні отримати необхідну мінімальну суму коштів для інвестування та отриманий прибуток чи збиток при умові, що ми дотримуємося цієї стратегії починаючи з якогось моменту в минулому.

**Дослідження властивостей задачі.**  $E_p$  – спортивна подія, яка пройшла у минулому. Індeksi  $h$  і  $a$  будуть використовуватися для вказання на те, чи команда грає вдома, чи на виїзді. Кожна спортивна подія має наступні параметри:  $t$  – час проведення,  $s_h$  – кількість очків, зароблені командою, яка грала вдома,  $s_a$  – кількість очків, зароблені командою, яка грала в гостях.  $l$  – ліга, якій належать обидві команди,  $T_h$  – команда, яка грала вдома,  $T_a$  – команда, яка грала в гостях.  $O_h$  – коефіцієнт на перемогу команди, яка грає вдома,  $O_a$  – коефіцієнт на перемогу команди, яка грає в гостях,  $O_d$  – коефіцієнт на те, що команди зіграють

у нічию.  $st$  - ума, яку ми ставимо на певний коефіцієнт. У такому випадку, щоб дізнатися прибуток  $P$  при ставці на команду, яка грає вдома, необхідно скористатися формулою:  $P = st \times O_h$ .

Для того, щоб детальніше налаштувати стратегію – є можливість вказати додаткові параметри для команд. До них можуть входити середня кількість очків (голів) за гру  $T_{ppg}$ , поточна, середня та максимальна серія з не нічиїх, не перемог чи не програшів. Введемо позначення  $avg$  для позначання середньої серії,  $max$  для максимальної,  $no\_draw$  для не нічиїх,  $no\_win$  для не перемог та  $no\_lose$  для не програшів. Тоді поточна серія не нічиїх для команди буде позначатися наступним чином:  $T_{no\_draw}$ . Кількість ігор у серії позначимо  $qty$ . Статистика команди після зіграної майбутньої гри розраховується наступним чином:

$$T_{no\_draw\_avg} = \frac{T_{no\_draw\_avg} \times T_{no\_draw\_qty} + T_{no\_draw}}{T_{no\_draw\_qty} + 1} \quad (1).$$

Формулу (1) можна використати для будь-якої серії. Таким чином можна сконфігурувати стратегію, наприклад «час перемоги», суть якої полягає в тому, що якщо команда не перемагала якусь кількість ігор під ряд, шанс виграти зростає.

**Алгоритм роботи.** Ідея алгоритму: на кожному кроці обраховувати статистику для команди й суму прибутку чи втрат, починаючи з певного моменту в минулому. Наведемо псевдокод алгоритму «бектестингу»:

```

1      Вхід:  $E^*, F, l^*, t^*, S_t$ 
2      Вихід:  $b, avg\_odds, roi$ 
3       $b := []$ 
4       $avg\_odds = 0$ 
5      // Фільтрація подій
6      for i:=0 to E.length do
7          if  $t^*$  not includes  $E_h^i$  or  $E_a^i$ 
8              delete
9          endif
10         if  $l^*$  not includes  $E_l^i$ 
11             delete
12         endif

```

```

13  end
14  for i:=0 to E.length do
15      //  $b_p$  - на що поставлена ставка (виграш/програш ко-
манди)
16       $b := PlaceBet(l^*, t^*, F, E^i, S_t)$ 
17       $result := Process(E_h^i, E_a^i, b_p)$ 
18      if  $result = 'win'$ 
19           $outcome := outcome + O_{[b_p]} * st$ 
20      else
21           $outcome := outcome - O_{[b_p]} * st$ 
22      endif
23  end
24   $e\_qty := b.length$ 
25  for i:=0 to b.length do
26      if  $b.result = 'win'$ 
27           $odds\_out := odds\_out + b.odd - 1$ 
28      else
29           $odds\_out := odds\_out - 1$ 
30      endif
31  end
32   $roi := (odds\_out / b.length) \times 100$ 
33  for i:=0 to b.length do
34       $total\_odds := total\_odds + b.odd$ 
35  end
36   $avg\_odds := total\_odds / b.length$ 

```

$E^*$  – масив спортивних подій,  $F$  – фактори, приклади яких приведені вище,  $l^*$  – ліги,  $t^*$  – команди,  $S_t$  – тип стратегії.  $b$  – ставки на події згідно зі стратегією,  $avg\_odds$  – середній коефіцієнт,  $roi$  – відсоток повернення інвестицій.

*PlaceBet* – функція, яка перевіряє, чи сходиться статистика команд на момент часу згідно зі стратегією. *Process* – функція, яка повертає результат ставки на подію: перемога, чи програш.

У результаті роботи цього алгоритму ми повинні отримати відфільтровані минулі події, відсоток повернених інвестицій. Важливим результатом є кількість подій, які було знайдено, адже чим більша їх кількість – тим більше ми можемо довіряти цим даним. Такий результат можна отримати тоді, коли фактори надто звужують область пошуку подій. Якщо бектестинг повернув мало подій, то ми не можемо довіряти його результатам так само, як і бектестингу, який повернув багато по

## **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Машинное обучение для прогнозирования тенниса – Habrhabr [Електронний ресурс] // [Режим доступу]: <https://habr.com/post/307422/>

2. D. Delen, D. Cogdell, N. Kasap A comparative analysis of data mining methods in predicting NCAA bowl outcomes // Int. J. Forecast., 28 (2) (2012), pp. 543-552

3. A. Maszczyk, A. Gołaś, P. Pietraszewski, R. Rocznioł, A. Zajac, A. Stanula Application of neural and regression models in sports results prediction // Proc. – Soc. Behav. Sci. 117 (2014) pp. 482–487.

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕКСТУ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБАХ**

Курто О.С.

Качановський П.П.

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Сьогодні більшість відомих підходів до аналізу тексту спрямовані на реконструкцію з тексту різних аспектів комунікативної ситуації, ґрунтуючись на виділенні та оцінці співвідношення тих чи інших одиниць аналізу. Причому, з часом, стає характерним розширення контексту розгляду тексту. Так, психолінгвістика першого покоління розглядала текст як «річ у собі», варіації розгляду якого можливі лише за внутрішніми законами формування тексту, а роль суб'єкта зумовлювалася вродженими і набутими правилами мовотворення. У міру розвитку психолінгвістика розширювала уявлення, як про одиниці аналізу тексту, так і про його можливості даного методу (див. рисунок 1).

Таким чином, ґрунтуючись на вищенаведеній оцінці методів аналізу тексту, ми можемо виділити три критерія для систематизації всіх методик і методів аналізу тексту: одиниця аналізу, пояснювальна модель аналізу або сфера призначення.

Серед можливих рішень систематизації безлічі різнорідних методик аналізу тексту найбільш відомі ділення за виконуваними функціями і орієнтуванням.

За виконуваними функціями розрізняють групу методів:

а) здатних здійснювати імпорт тексту і роботу з ним;

б) дослідження тексту (працюють на граматичному, синтаксичному рівні, здійснюють різноманітний пошук в тексті, виділяють ключові слова, індекси і ін.);

в) орієнтованих на семантичний аналіз, створення схем категоризації, словників, кодування;

г) дозволяють здійснювати експорт даних аналізу (наприклад, сам текст або схему кодування, або використовуваний словник і т.п.).

За об'єктом аналізу:

а) методи, «орієнтовані на мову» (лінгвістичних одиниць):

- лінгвістичні методи;

- методи роботи з даними (пошук інформації, списки слів, конкорданс, індекси і ін.).

б) методи, «орієнтовані на контент» або змістовний аналіз:

- якісні методи, що дозволяють здійснювати пошук закономірностей і відмінностей в тексті, аналізувати текст цілком (деякі методики дозволяють аналізувати аудіо- та відеоінформацію). У даній групі методів для проведення якісного (змістовного) дослідження тексту можуть бути використані і кількісні дані, які допомагають організувати якісну (змістовну) інформацію. Важливою відмінністю є переважне використання в якості одиниць аналізу тем, концептів, процесів, контекстів. При цьому обсяг аналізованого тексту може бути обмежений;

- методики аналізу подій за текстовим даними;

- кількісні методики, що дозволяють здійснювати статистичну перевірку гіпотез, орієнтовані на дослідження великих обсягів тексту:

- категоріальні системи мають вбудовані або призначені для користувача словники, на основі яких здійснюється пошук в тексті (категорії при цьому можуть бути як тематичними, так і семантичними), деякі методики мають обмеження за розміром одиниць аналізу;

- некатегоріальні системи на основі одночасного знаходження слів, рядків, концептів дозволяють будувати різноманітні графи і дендрограми;

- системи кодування відповідей на питання незакінчених пропозицій не передбачені для аналізу великих обсягів тексту, призначені для аналізу досить гомогенного тексту і лімітовані за розміром одиниць аналізу тексту.

Робота по систематизації існуючих методів вкрай необхідна для об'єднання різних способів змістовного аналізу тексту, так як кілька методів можуть знаходити свою реалізацію в одній конкретній методиці, де

дані по ним доповнюють один одного збільшуючи репрезентативність і валідність результатів.

Нижче буде наведено неповний список методів, а також приклад програм, що їх використовують (рис. 1).

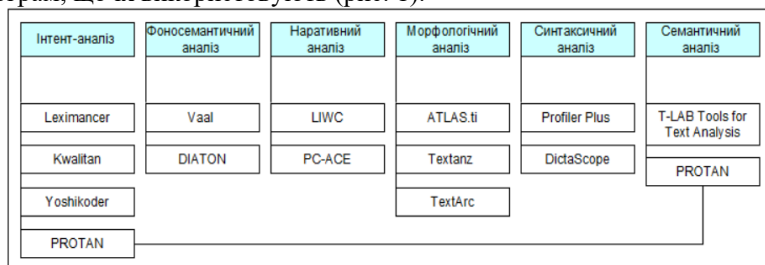


Рисунок 1 – Основні методи та їх програмна підтримка

**Інтент-аналіз** – це метод, що дозволяє реконструювати інтенції (суб'єктивна спрямованість на певний об'єкт) автора по його тексту [1], тобто метод аналізу документів, який передбачає експертне оцінювання характеру намірів мовця.

Послідовність операцій при виконанні Інтент-аналізу строго задана:

1. розділення аналізованого тексту експертами на фрагменти, в кожному з яких міститься інтенція;
2. кваліфікація інтенцій;
3. конструювання зв'язків об'єкт-інтенція, і повна характеристика;
4. визначення інтенціональних складових тексту (аналіз кола об'єктів);
5. вербальна інтерпретація отриманих результатів.

Фоносемантичний аналіз дає зрозуміти як вокальні звуки можуть мати сенс самі по собі, тобто полягає в оцінці його звучання безвідносно до його змісту [2].

Дискурс-аналіз або дискурсивний аналіз - сукупність методик і технік інтерпретації текстів чи висловлювань як продуктів мовленнєвої діяльності, здійснюваної в конкретних суспільно-політичних обставин і культурно-історичних умовах. Реалізований в такій програмі як САТРАС. Це методика аналізу тексту, написаного на будь-якій мові, заснована на системі Galileo.

Наративний аналіз – це метод узагальнення минулого досвіду за допомогою співвіднесення послідовності слів у реченні і послідовності реальних (як передбачається) подій. Дозволяє здійснювати кількісну оцінку тексту [3].

Морфологічний аналіз спрямований на визначення безлічі морфологічних інтерпретацій кожного з слів тексту, що складається з таких параметрів, як лема, морфологічна частина мови; набір загальних граммем; безліч наборів граммем.

Синтаксичний аналіз – це метод зіставлення лінійної послідовності лексем мови з його формальної граматики.

Семантичний аналіз – метод, спрямований на побудову семантичної структури пропозиції, що складається з семантичних вузлів і семантичних відносин [4].

Таким чином, наведені методи аналізу тексту охоплюють задачі дослідження спрямованості тексту на певний об'єкт, оцінки звучання тексту безвідносно до його змісту, узагальнення усіх відомих методик, морфологічного, синтаксичного та семантичного інтерпретування тексту, а питання щодо можливості та доцільності використання даних методів у аналізі текстів різного об'єму ще залишається недостатньо дослідженим.

### **Література:**

1. Слово в действии. Интент-анализ политического дискурса / под ред. Т.Н. Ушаковой, Н.Д. Павловой. - СПб.: Алетейя, 2000. - 316 с.
2. Журавлев, А.П. Фонетическое значение /А.П. Журавлев. - Л.: Изд-во Ленингр. унта, 1974. - 150 с.
3. Labov, W. Sociolinguistic patterns / W. Labov. — Pennsylvania: University of Pennsylvania Press, 1972. - 346 p.
4. Методы анализа текста: методологические основания и программная реализация – О.В. Митина, А.С. Евдокименко, Вестник ЮУрГУ, №40, 2010.

**ЗАСОБИ ОПИСУ АВТОМАТНИХ МОДЕЛЕЙ**

В.І. Салапатов

*Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького*

Створення моделей програм у вигляді недетермінованого скінченного автомату є сучасним методом для їх подальшої розробки [1, 2]. Оскільки кожен стан автомату характеризується двома функціями – функцією виходу та функцією переходу, то доречно саму модель описувати за допомогою цих функцій для кожного стану. Функція виходу фактично описує послідовність дій у поточному стані, а функція переходу забезпечує перехід автомата з поточного стану по завершенню виконання функції виходу у наступний стан. Опис функції виходу може бути забезпечений за допомогою арифметичних операцій, логічних операцій, темпоральної логіки та регулярних операцій. До арифметичних операцій відносяться операції додавання (+), віднімання (-), множення (\*), ділення (/) та піднесення до ступеню (^). До логічних операцій відносяться логічне або (|), логічне та (&) та заперечення (¬). З темпоральних операторів для визначення циклічних дій доречно використовувати оператор (Until) у вигляді  $rUq$ , де предикат  $r$  – вказує на його істинність поки предикат  $q$  не стане істинним. Ще один темпоральний оператор, що може використовуватись для опису функції виходу - це оператор (Next), який вказує на послідовність дій [1]. Щодо регулярних операцій, то можна застосовувати операцію конкатенації (.) та операцію замикання ( $a^*$  або  $a^+$ ). Для зміни порядку виконання операцій можна застосовувати дужки. За допомогою перелічених операцій можна повністю визначити дії для числових, логічних та символічних даних. Завершується опис функції виходу описом функції переходу, яка визначає подальший шлях роботи автомату до наступного стану. В класичній темпоральній логіці для визначення шляху в роботі автомату використовуються темпоральні оператори (All), які вказують на безумовне виконання дій на визначеному шляху та (Exist), що вказують на обов'язкове існування у подальшому певної умови. З точки зору автоматизації побудови автоматної моделі ці дві операції викликають труднощі, оскільки необхідно визначати стани для організації переходів в автоматі. Через це технологія MODEL CHECKING вимагає наступної верифікації моделі за допомогою спеціальних програм-верифікаторів. За цією технологією в якості моделі системи для верифікації використовується структура Кріпке [1], а формальна специфікація вимог задається форму-



лами темпоральної логіки. Функція переходу визначає перехід у наступний стан в автоматній моделі. Тому для її опису достатньо буде скористатись оператором  $U$  темпоральної логіки, а також логічними та арифметичними операторами, які визначають умови переходів. Для вказівки переходу необхідно застосовувати імена станів зі стрілкою. В процесі такого опису можуть виявлятися стани із схожими функціями виходу. В такому випадку такі стани можуть являти собою підпрограми або спільно використовуватись для різних станів. В останньому випадку необхідно запам'ятовувати код стану-джерела для подальшого коректного розгалуження. Вибір варіанту можна обирати з міркувань мінімуму операторів для програмної реалізації. Оптимальність при цьому забезпечується цільовою функцією  $F = \min(\text{sub} \mid \text{comn})$ . Тут  $\text{sub}$  – загальні витрати на оформлення підпрограми, які пов'язані з витратами на власно оформлення підпрограми плюс витрати для організації звернення до неї, а  $\text{comn}$  – це витрати на фіксацію стану та витрати на визначення стану, для якого виконуються спільні дії. Таким чином,  $\text{sub} = \text{frag} + n * \text{grag}$ , де  $\text{frag}$  – витрати процедури для визначення її формальних параметрів та власно виклику,  $n$  – кількість викликів процедури, а  $\text{grag}$  – витрати на підготовку реальних параметрів при зверненні до процедури.

Дана технологія застосовується у навчальному процесі при виконанні лабораторних робіт по розробці програм в Черкаському національному університеті імені Б. Хмельницького.

### **Література**

1. Карпов Ю.Г. MODEL SHTCRING. Верификация параллельных и распределенных программных систем. /Ю.Г. Карпов – СПб.; БХВ-Петербург, 2010.- 560 с.
2. Салапатов В.І. Моделювання, верифікація та розробка програм. Вісник національного технічного університету України “КПІ”. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. № 61. С. 174-177.

## МОДЕЛЮВАННЯ ГЕНЕРАТОРА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАДАЧ

Дубіна А.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського», Україна*

Одним з найважливіших етапів дослідження задач теорії розкладів – є генерація індивідуальних задач, на основі яких проводитимуться експерименти. Від різноманітності вхідних даних залежать результати проведених експериментів.

**Класифікація задач.** Задачі, що будуть розглянуті в системі мають певні параметри, які впливатимуть на побудову контурів та розкладів. Для дослідження впливу цих параметрів далі буде наведена класифікація кожного з них.

**Тривалість робіт.** Задано середній час роботи машин ( $C^*$ ) та середнє значення тривалості виконання робіт машинами ( $\bar{p}$ ). За допомогою співвідношення величин  $P = \frac{C^*}{\bar{p}}$  конкретної задачі, з визначеними параметрами, тривалість робіт можна віднести до певного класу:

- клас  $S$  – набір робіт, які мають дуже маленький час виконання еталонною машиною (до них відносяться  $\frac{C^*}{\bar{p}} = 75$ );

- клас  $M$  – набір робіт, які мають маленький час виконання еталонною машиною (до них відносяться  $\frac{C^*}{\bar{p}} = 50$ );

- клас  $L$  – набір робіт, які мають середній час виконання еталонною машиною (до них відносяться  $\frac{C^*}{\bar{p}} = 25$ );

- клас  $XL$  – набір робіт, які мають великий час виконання еталонною машиною (до них відносяться  $\frac{C^*}{\bar{p}} = 5$ ).

Дисперсія часу виконання робіт еталонною машиною. Час виконання кожної з робіт еталонною машиною можна характеризувати тим, на скільки близькі їх значення. Для цього визначимо  $Q$  як дисперсію часу виконання робіт машиною. В залежності від того, яка дисперсія – будемо класифікувати до наступних класів:

- клас  $S$  – набір робіт, для яких дисперсія час виконання робіт  $Q = 2$ ;
- клас  $M$  - набір робіт, для яких дисперсія час виконання робіт  $Q = 4$ ;
- клас  $L$  - набір робіт, для яких дисперсія час виконання робіт  $Q = 40$ ;
- клас  $XL$  - набір робіт, для яких дисперсія час виконання робіт  $Q = 100$ .

Дисперсія продуктивності машин. Продуктивність машин можна характеризувати тим, на скільки близькі їх значення. Для цього визначимо  $K$  як дисперсію продуктивності машин. В залежності від того, яка дисперсія – будемо класифікувати до наступних класів:

- клас  $S$  – набір машин, для яких дисперсія продуктивності  $1 < Q < 1.2$  (машини, продуктивності яких матимуть близькі значення);
- клас  $M$  - набір машин, для яких дисперсія продуктивності  $1 < Q < 6$  (машини, продуктивності яких матимуть менш близькі значення);
- клас  $L$  - набір машин, для яких дисперсія продуктивності  $1 < Q < 12$  (машини, продуктивності яких матимуть найменш близькі значення);
- клас  $XL$  - набір машин, для яких дисперсія продуктивності  $1 < Q < 24$  (машини, продуктивності яких не матимуть близьких значень).

**Генерація індивідуальних задач.** Генерація індивідуальних задач складається з генерації робіт, їх тривалості, пристроїв та їх продуктивності. Для генерації використовуються закон розподілу, щоб визначити яким чином будуть згенеровані дані. В розробленому програмному продукті генерація здійснюється за нормальним та рівномірним законами розподілу. Далі наведемо опис генерації завдань для кожного з типу розподілів.

**Генерація тривалості робіт за допомогою рівномірного розподілу.**

Маємо наступні вхідні параметри генерації:  $m, k, C^*, Q, K$  та  $\bar{p}$ .

Для генерації завдань необхідно визначити значення  $a$  та  $b$ .

Середньоквадратичне відхилення можна визначити за формулами:

$$b = \bar{p} - \frac{\sqrt{12\sigma^2 + 1} - 1}{2}, \quad a = \bar{p} - \frac{\sqrt{12\sigma^2 + 1} + 1}{2}$$

Далі наведемо опис алгоритму генерування тривалості завдань за допомогою рівномірного розподілу

Нехай  $C_i$  - завантаженість машини  $i$  на поточному кроці, де  $i = \overline{1, m}$

Дано:  $C_i, a, b, C^*, i = \overline{1, m}, \bar{p}$ .

*КРОК 1* Генеруємо  $C^*$  для  $m$  машин.

*КРОК 2* Поки  $C^* - C_i \leq \bar{p} + 2\sqrt{Q}$ , для кожної машини  $i$  генеруємо роботи в інтервалі  $[a; b]$ .

*КРОК 3* На машину  $i$  призначаємо останню роботу  $C^* - C_i$ .

**Генерація тривалості робіт за допомогою нормального розподілу.**

Для генерації тривалості робіт необхідні такі параметри:  $Q, \bar{p}$ .

За основу генерації нормального розподілу тривалості обрана наступна формула:  $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{p})^2}{2\sigma^2}}$  Далі наведемо опис алгоритму генерування тривалості завдань за допомогою рівномірного розподілу

Нехай  $C_i$  - завантаженість машини  $i$  на поточному кроці, де  $i = \overline{1, m}$

Дано:  $C_i, C^*, i = \overline{1, m}, \bar{p}$ .

*КРОК 1* Генеруємо  $C^*$  для  $m$  машин.

*КРОК 2* Поки  $C^* - C_i \leq \bar{p} + 2\sqrt{Q}$ , для кожної машини  $i$  генеруємо роботи за нормальним розподілом.

*КРОК 3* На машину  $i$  призначаємо останню роботу  $C^* - C_i$ .

### Висновки

В даній статті було розглянуто моделювання генератора індивідуальних задач теорії розкладів. Було визначено основні компоненти, які необхідно реалізувати в генераторі для детального дослідження задач теорії розкладів. Генератор індивідуальних

### Література

1. Равномерно распределенная случайная величина – [Електронний ресурс] // Режим доступу: [https://www.matbu.ru/ex\\_tv.php?p1=tvraavn](https://www.matbu.ru/ex_tv.php?p1=tvraavn).

2.Методи кореляційного и регресивного анализа – [Електронний ресурс] // Режим доступу: [http://edu.alnam.ru/book\\_mkor.php?id=9](http://edu.alnam.ru/book_mkor.php?id=9).

УДК 004.93

## **РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕКСТІВ МЕТОДАМИ ОБРОБКИ ПРИРОДНОЇ МОВИ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ**

М.О. Сперкач, Д.Ю. Юзьвак

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Сучасний світ просто потопає у великих обсягах інформації, кількість яких стрімко зростає. Для людини все складніше стає аналізувати, обробляти та класифікувати дані за категоріями.

При цьому зростання інформації і одночасне зростання доступної обчислювальної потужності комп'ютерів дозволяють використовувати сучасні методи для вирішення задач класифікації.

Процес класифікації текстів займає досить багато часу, адже для вирішення цієї задачі необхідно не тільки прочитати текст, а й проаналізувати його зміст та обрати підходящу категорію із множини доступних. Коли ж мова йде про глобальні задачі та велику кількість даних, то часто виникають проблеми із браком людських ресурсів для їх оброблення. Пропонується автоматизувати цей процес.

**Класифікація текстів.** Для того щоб класифікувати тексти необхідно пройти такі етапи: ознайомитися із доступними категоріями, на які можна розділити тексти, ознайомитися із переліком текстів та прочитати кожен текст, проаналізувати текст та віднести його до конкретної категорії.

У процесі автоматизації система працює з документами та аналізує їх зміст. У кінці автоматизації ми отримаємо систему, що дозволить користувачеві самостійно створювати моделі машинного навчання на основі власних даних, навчати та аналізувати їх ефективність.

**Постановка задачі.** Введемо позначення, які будуть зустрічатися при розв'язанні задачі класифікації тестів методами обробки природної мови та машинного навчання.

Задача полягає у тому, аби однозначно визначити, до якої категорії відноситься текст, що не належить набору текстів, тобто не був класифікованим раніше.

Маємо множину текстів  $\overline{D}$ , що складається із текстів:  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ , де  $d_i, i = \overline{1, n}$  – конкретний текст,  $n$  – кількість текстів.

Нехай маємо множину категорій  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ , де  $c_i, i = \overline{1, m}$  конкретний текст,  $m$  – кількість категорій.

Множина текстів  $D$ , кожен елемент якої класифікований по категоріям із множини  $C$  називається дата сетом, тобто набором даних. Дата сет позначатимемо як  $DS$ .

$$DS = \begin{pmatrix} d_1 & c_1 \\ \vdots & \vdots \\ d_{k-1} & c_1 \\ d_k & c_2 \\ \vdots & \vdots \\ d_l & c_2 \\ \vdots & \vdots \\ d_r & c_m \\ \vdots & \vdots \\ d_n & c_m \end{pmatrix}$$

Він побудований за допомогою невідомої цільової функції  $F$ :

$$F : C \times D \rightarrow \{0,1\}.$$

Задача класифікації текстів методами машинного навчання полягає у тому, аби побудувати класифікатор  $F^{\wedge}$ , максимально наближений до  $F$ .

Класифікатором  $F^{\wedge}$  зветься визначена на множині текстів  $D$ , функція яка однозначно зіставляє кожен текст із множини  $D$  конкретній категорії із множини  $C$ .

Для вирішення цієї задачі ми використовуємо методи машинного навчання у поєднанні із обробкою природних мов. Планується розглядати такі алгоритми машинного навчання: Наївний Байєсів класифікатор (Naive Bayes Classifier) [5], Метод логістичної регресії (Logistic Regression) [3], Дерево ухвалення рішень (Decision Tree) [3] та Метод опорних векторів (Support Vector Machine) [4].

**Опис методів розв'язання задачі.** Для розв'язання задачі було використано 4 методи машинного навчання, які базуються на таких алгоритмах: логістична регресія, алгоритм наївного Байєса, опорних векторів та дерево ухвалення рішень.

Логістична регресія є методом підбору лінії регресії  $y = f(x)$ , у випадку коли  $Y$  складається із даних, що можна представити у двійковому вигляді [1]. Класифікатор наївного Байєса є простим імовірнісним

класифікатором, що заснований на застосуванні теореми Байеса з сильними (наївними) припущеннями про незалежність [2]. Метод опорних векторів – це алгоритм, який визначає у якому місці необхідно розмежувати класи векторів, які належать певним групам. Він може бути застосований до будь-яких векторів, які кодують будь-які дані [3]. Дерево рішень є ієрархічним деревом навчальних екземплярів, в якому умова значення атрибуту використовується для поділу даних ієрархічно.

**Результати дослідження та оцінка ефективності.** Вирішуватимемо задачу класифікації текстів на прикладі дата сету із текстами зі статтями BBC. Дата сет містить 2225 текстів, розділених на 5 категорій: business, politics, entertainment, sport, tech. Результат роботи програми у вигляді точностей моделей машинного навчання зображено на рисунку 2.

```
LR model created
The accuracy of Logistic Regression Algorithm is 0.9550561797752809
NB model created
The accuracy of Naive Bayes Algorithm is 0.9011235955056179
SVM model created
The accuracy of Support Vector Machine Algorithm is 0.9438202247191011
DT model created
The accuracy of Desicion Tree Algorithm is 0.7910112359550562
```

Рис. 2. Результат роботи програми

Є різні методи оцінки ефективності моделей машинного навчання. В дані статті використовуватимемо метод матриці невідповідностей [2].

Розглянемо матрицю невідповідностей, що була отримана внаслідок класифікації текстів із дата сету.

На рисунку 3 зображено сформовану матрицю невідповідностей для моделі машинного навчання.

	0	1	2	3	4
0	95	0	2	0	0
1	0	80	1	3	0
2	1	2	72	5	0
3	0	0	0	100	0
4	1	0	1	4	78

Рис. 3. Матриця невідповідностей для моделі машинного навчання створеної на основі алгоритму логістичної регресії

Колонка із номером 0 відповідає категорії ‘business’, колонка із номером 1 відповідає категорії ‘entertainment, колонка із номером 2 відповідає категорії ‘politics’, колонка із номером 3 відповідає категорії ‘sport’, колонка із номером 4 відповідає категорії ‘tech’.

Результат обчислення точностей представлено у таблиці 1.

Таблиця 1 Результат обчислення похибок

Алгоритм	Точність
Логістична регресія	0.95
Наївного байєса	0.90
Опорних векторів	0.94
Дерево ухвалення рішень	0.79

Отже, можемо зробити висновок, що для даного дата сету, доцільно використовувати алгоритм логістичної регресії.

У сучасному світі більшість інформації представлена у вигляді текстів. Тому зростає необхідність у створенні автоматизованих систем обробки текстових даних. Для того, щоб вирішити конкретну задачу класифікації текстів потрібно витратити багато ресурсів, що не є прийнятним особливо коли розглядаються комплексні задачі. Тому виникає необхідність у створенні універсального методу вирішення поставленої задачі. Використовуючи розроблену систему класифікації текстів кожен може створити моделі машинного навчання на основі обраних алгоритмів, оцінити ефективності моделей і обрати конкретну модель для вирішення задачі.

### **Література:**

1. Manabu Sassano Fujitsu, Japan «Virtual Examples for Text Classification with Support Vector Machines».
2. Kevin P. Murphy, «Naïve Bayes classifier», Department of Computer Science, University of British Columbia, 2006.
3. Barry de Ville, «Decision Trees for Business Intelligence and Data Mining: Using SAS Enterprise Miner», SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2006.

УДК 004.056.5



## МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ КІБЕРАТАК ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРОТИДІЇ ЗАГРОЗАМ В КІБЕРПРОСТОРИ

О.С. Ровник, В.В. Нехай

*Чернігівський національний технологічний університет*

На сьогоднішній день для успішного функціонування будь-яких компаній, закладів, служб, тощо, не обійтись без використання інформаційних систем або електронних ресурсів. Важливими факторами є стабільність роботи, захищеність даних, відновлення та функціонування систем після збою. У разі кібернетичних атак робота систем знаходиться під загрозою. Для того, що би уникнути будь-яких загроз організації звертають увагу на моделювання сценаріїв управління операціями в разі інформаційних атак або збоїв. Моделювання критичних відмов ІТ-систем і сервісів дозволяє організаціям побачити, як їх співробітники реагують на такі події.

Моделювання дозволяє персоналу ІТ-служб відпрацьовувати ситуації критичних збоїв без будь-якого ризику для реальної мережі або даних компанії. Це моделювання може варіюватися від сценаріїв аварійного відновлення до крадіжок конфіденційних даних з метою виявлення реакції ІТ-команди на непередбачувану загрозу.

Імітація управління атаками в модельованих ситуаціях збоїв повинна проводитись у відповідності до використовуваної архітектури системи організації, таким чином забезпечуючи реальний досвід і перетворюючи відповідні дії ІТ-відділу в природну реакцію. Це дозволяє застосовувати на практиці ті інструменти безпеки, які використовувались би в реальній ситуації. Для максимальної ефективності такої методики необхідно як умога точніше моделювати сценарії можливих загроз, в тому числі складні, що мають цільове шкідливе ПЗ і незаконні дії вимагачів.

Імітація управління інцидентами може бути достатню кошовною практикою. Крім високих початкових витрат на забезпечення реалістичності сценарію навчання, компанія витрачає час своїх співробітників на тренування, відриваючи їх від поточної повсякденної роботи. Однак, якщо все зроблено правильно, змодельовані сценарії аварійних ситуацій не просто навчають персонал, але й дисциплінують організацію в цілому. Виконання сценаріїв відмов дозволяє організаціям оцінити, в чому вони можуть поліпшити свої процеси відновлення даних і чи можуть автоматизувати будь-які завдання.

В ході аналізу проблеми було визначено, що для успішного моделювання ситуацій необхідно розробити систему яка б мала наступний функціонал:



1. Валерій Анатолійович Ляхно, Тарас Анатолійович Петренко, Микола Володимирович Пирог Моделирование работы адаптивной системы распознавания кибератак в условиях неоднородных потоков запросов в модулях e-business [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://jrnl.nau.edu.ua/index.php/Infosecurity/article/view/10706>

2. Зегжа Д. Методы исследования киберугроз, включая задачи выявления, локализации и защиты от них, в глобальных информационных системах поддержки цифровой экономики [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.rfbr.ru/rffi/ru/project\\_search/o\\_2082067](https://www.rfbr.ru/rffi/ru/project_search/o_2082067)

3. В СБУ рассказали, как защищаться от кибератак [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://bykvu.com/bukvy/69547-vsbu-rasskazali-kak-zashchititsya-ot-kiberatak>

УДК:004.453

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ЗАХОПЛЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ ЕКРАНУ В ЗАСТОСУНКАХ ДЛЯ ТАЙМТРЕКІНГУ**

А. С. Радченко, І.В. Білоус

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Програмне забезпечення для відстеження часу - це категорія комп'ютерного програмного забезпечення, яка дозволяє співробітникам реєструвати час, витрачений на виконання завдань або проектів в цілому. Програмне забезпечення для таймтрекінгу покращує підзвітність (документуючи отримані дані), дозволяє підвищити продуктивність праці (фіксує інформацію про витрачений час на кожне завдання, яка в подальшому може бути проаналізована), надає можливість автоматичного формування рахунків на основі витраченого часу, допомагає відстежити перевищення проектних витрат (час, вартість) у порівнянні з запланованими.

Основними сферами запровадження таких застосунків є ІТ, або інші сфери пов'язані з використанням ПК. Принцип роботи таймтрекера, в основному, полягає в автоматичному або ручному запуску застосунку для відстеження часу в фоновому режимі під час виконання певної задачі. Для підвищення ефективності такого підходу трекер періодично зберігає зображення екрану, що підтверджує факт роботи над вказаною задачею, без відволікання на сторонні активності.

Для визначення моменту захоплення зображення екрану в застосунках для таймтрекінгу існує декілька методів. Основним і найбільш поширеним є задання сталого періоду збереження скріншотів. Цей метод є досить простим та передбачуваним: після кожних  $n$  хвилин (годин) виконується знімок екрану. Саме передбачуваність є основним недоліком такого підходу.

Існує ще один підхід для виконання ефективного таймтрекінгу. За його використання також задається період, але знімок екрану виконується не в кінці кожного періоду, а в якийсь випадковий момент із заданого проміжку часу. В такому разі працівнику неможливо передбачити в який момент буде зафіксовано стан його екрану. Та й цей підхід є неідеальним, оскільки не спроможний націлено спіймати той момент, коли працівник захоче відволіктись на медіа чи кумедні відео.

Третій спосіб є більш складним у реалізації, але й більш ефективним. Він схожий на попередні лише заданням сталого періоду, під час якого буде виконуватись лише одне захоплення екрану, але момент цього захоплення визначається за складнішим алгоритмом. Застосунок міститиме список назв програм, які працівник використовує під час своєї роботи. Якщо під час заданого періоду, користувач трекеру відкриє вікно програми, назва якої не вказана в списку, то в той самий момент таймтрекер виконає захоплення екрану та збереже його. Якщо ж відкриття вікон програм, незафіксованих в списку допустимих, не відбувається, то скріншот буде виконано та збережено в кінці зазначеного періоду. Такий підхід є досить ефективним, оскільки націлений саме на відстеження непередбачених поставленою задачею дій.

Результати порівняльного аналізу всіх трьох методів визначення моменту захоплення зображення екрану вказані в таблиці 1.

Таблиця 1

Методи визначення моменту захоплення екрану Критерій	В кінці зазначеного користувачем періоду	В випадковий момент часу під час зазначеного користувачем періоду	Відстеження конкретних сторонніх дій, шляхом вказання переліку використовуваних програм
Регулярність захоплення зображення екрану	+	+	+

Непередбачуваність моменту захоплення зображення екрану	-	+	+
Спрямованість на фіксування непередбачених поставленою задачею дій	-	-	+

Порівнявши всі три методи, можна помітити, що лише один з них відповідає всім розглянутим критеріям і є оптимальним для досягнення максимальної ефективності праці та високого рівня звітності.

### Література

1. The Complete Guide to Time Tracking [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.actitime.com/time-tracking/time-tracking-software-essay>.

УДК 004.

## АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ РІВНЯ КУЛЬТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ОРГАНІЗАЦІЇ

М.С. Дорош, В.В. Нехай, М.М. Войцеховська

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

В рамках дослідження, спрямованого на визначення рівня культури інформаційної безпеки (КІБ) організації, була розроблена модель оцінки рівня КІБ організації. Для реалізації згаданої моделі запропонована архітектура, яка відтворює процес отримання та обробки інформації, що характеризує поточний стан культури ІБ організації, починаючи від формування спеціалізованих анкет з набору питань та завершуючи загальною оцінкою рівня КІБ організації. Кожен етап моделі відтворений архітектурою у вигляді окремих модулів.

Для проведення оцінки КІБ організації необхідно сформувати набір анкет, які будуть визначати рівень наявних компетенцій в галузі ІБ персоналу відповідно до їх ролей в інформаційних процесах організації.

Для цього формується універсум питань. Одні і ті ж питання можуть бути включені до анкет для різних, проте суміжних ролей. Цей підхід легко реалізується за допомогою нечіткої кластеризації. Вплив кожного питання на результат анкетування визначається через матрицю ваг.

Алгоритм нечіткої кластеризації дозволяє віднести один об'єкт до декількох кластерів, спираючись на матрицю нечіткого розбиття [1], що

попередньо визначена експертом. Кластеризація може відбуватися за допомогою алгоритмів k-середніх та c-середніх. Оскільки дана задача полягає у створенні кластерів, що стосуються певних тем в галузі інформаційної безпеки, а також можливість віднесення тих самих питань до різних тематик, пропонується застосовувати алгоритм нечіткої кластеризації c-means [2, 3].

Формування анкет для різних ролей здійснюється з врахуванням вимог до компетенцій працівників залежно від їх ролі у забезпеченні загальної системи безпеки організації. Суттєвою перевагою такого підходу є можливість реалізації індивідуальної оцінки КІБ організації, виходячи зі специфіки її функціонування.

В даному випадку алгоритм кластеризації c-means буде здійснюватися таким чином:

- Кількість кластерів  $j$  обумовлена кількістю тематик  $T_j$ , за якими проводиться дослідження. Це можуть бути питання технічної, технологічної та персональної інформаційної безпеки ( $j = \overline{1, t}$ ).

- Експертна оцінка формує матрицю нечіткого розбиття  $F$ , що містить дані про ступінь належності  $\mu_{Q_i}$  питання  $Q_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) до тематики кластеру  $T_j$ . Її можна описати у вигляді:

$$F = [\mu_{Q_{ij}}], \mu_{Q_{ij}} \in [0,1], i = \overline{1, n}, j = \overline{1, t}, \quad (1)$$

де  $i$ -тий рядок містить ступені належності питання  $Q_i$  до кластерів  $T_j$ . Обов'язковою умовою для матриці нечіткого розбиття є обмеження:

$$0 < \sum_{i=\overline{1, n}} \mu_{Q_{ij}} < n, j = \overline{1, t}. \quad (2)$$

- Центри кластеру задаються питаннями, які мають максимальне значення ступеню належності  $\mu_{Q_i}$  до певної тематики  $T_j$ .

Далі реалізація нечіткої кластеризації проводиться за відомим алгоритмом [1].

Вихідними даними для формування анкет оцінки КІБ спеціаліста є множина питань (джерело – стандарт ISO/IEC 27001, можливе також використання стандарту ISO/IEC 27032 згідно умов діяльності організації); перелік тем і тематик, що дозволять охопити напрями професійної діяльності певного працівника; набір ролей, що виконуються працівником при обійманні певної посади; та набору компетенцій, що мають бути опановані претендентом.

В якості основи для оцінки результатів тестування використовуються карти компетенцій.

Після завершення етапу генерації анкет вирішуються наступні задачі:

- проведення анкетування;
- оцінка результатів за допомогою нечіткої логіки;

- визначення рівня КІБ спеціалістів окремих підрозділів та
- визначення загального рівня КІБ організації;
- формування пропозицій щодо заходів підвищення рівня КІБ організації.

Для реалізації поставлених задач було запропоновано архітектуру інформаційної комп'ютерної системи визначення рівня культури інформаційної безпеки організації, зображену на рисунку 1.

Система складається з 6 основних модулів:

- модуль збору даних, призначений для того щоб експерти з культури інформаційної безпеки мали змогу наповнювати базу даних усією необхідною інформацією для подальшої генерації анкет;

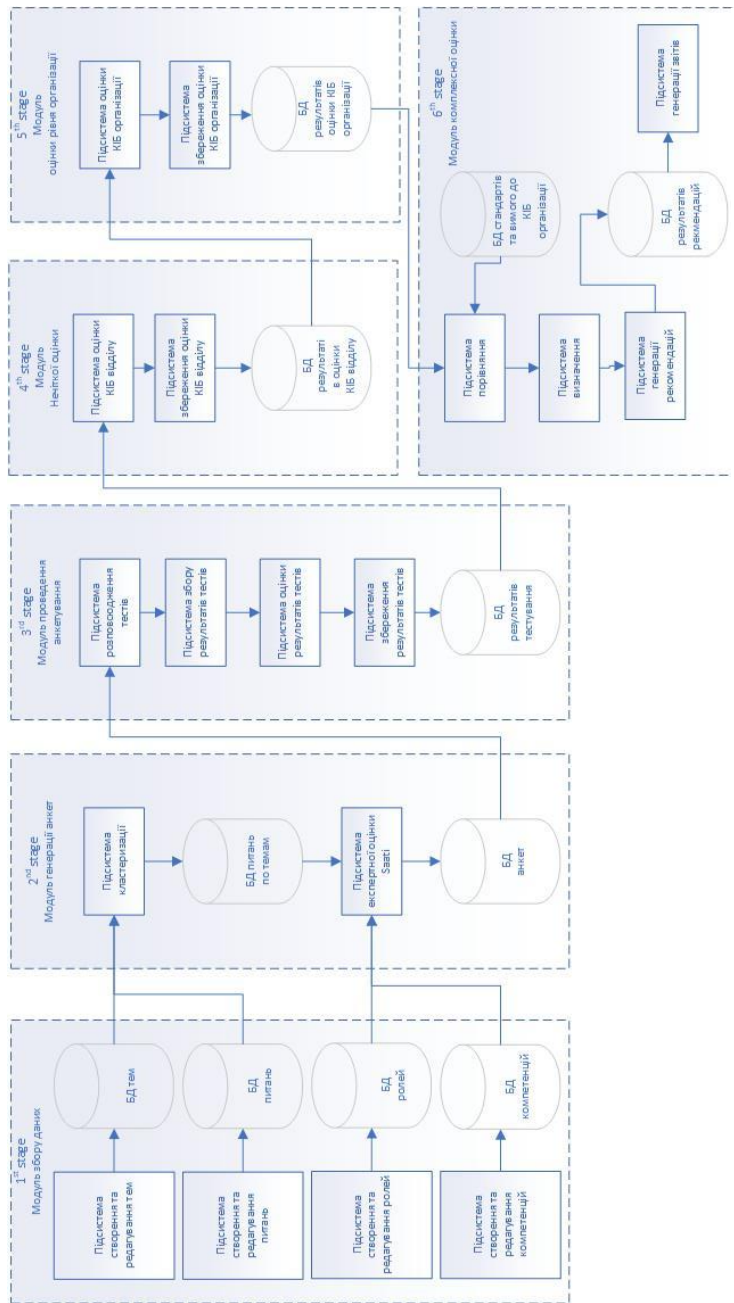


Рисунок 1 – Архітектура інформаційної комп'ютерної системи для визначення рівня КБ організації



- модуль генерації анкет, розподіляє питання для анкет за темами, після чого за допомогою експертної оцінки Saati визначаються ваги питань з врахуванням набору компетенцій та ролей працівників, які проходять тестування;
- модуль проведення анкетування надає доступ робітникам організації до анкети та зберігає у базі результати проходження тестів;
- модуль нечіткої оцінки за результатами пройдених тестів формує загальну оцінку рівня культури інформаційної безпеки за підрозділами організації;
- модуль оцінки рівня організації формує загальний рівень культури інформаційної безпеки всієї організації, виходячи з оцінки всіх підрозділів;
- модуль комплексної оцінки, генерує звіт за результатами проведеного тестування працівників та виходячи з визначеного рівня культури інформаційної безпеки організації надає рекомендації, які спрямовані на його підвищення.

Розроблена архітектура може використовуватися для подальшого формування загальної інформаційної системи визначення КІБ організації.

### **Література**

1. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс] //Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>. – 2001.
2. Dunn J.C. A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters // Journal of Cybernetics. — 1973. — 17 сентября (т. 3, № 3). — С. 32–57. — ISSN 0022-0280. — DOI:10.1080/01969727308546046.
3. Bezdek, James C. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms. — 1981. — ISBN 0-306-40671-3.

## **КІБЕР-СИТУАЦІЙНА ОБІЗНАНІСТЬ: МОДЕЛЬ КОЛЕКТИВНОГО ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ**

В.В. Нехай, О.О. Дружинін

*Чернігівський національний технологічний університет, Україна*

Зростаючий і еволюційний характер кібератак і загроз в комп'ютерних інформаційних системах призвели до необхідності пошуку нових підходів і методів захисту інформації. У 1995 році була опублікована стаття керівника дослідницького підрозділу ПВС США Мика Єндслі (Mica Endsley) [1], де було наведено загальне визначення поняття обізнаності про ситуацію, яка описується наступним чином: сприйняття елементів середовища в обсязі часу і простору, розуміння їх значення і проектування їх стану на майбутнє. Застосування даної концепції може визнати багато суперечок в області захисту інформації, але одним з основних аспектів ситуаційної обізнаності є її динамічність, тобто здатність своєчасно реагувати на нові і мінливі моделі загроз, що знаходиться в прямому протиріччі з парадигмою класичної інформаційної безпеки, яка схожа на «статичну фортецю», яка захищена традиційними методами захисту: антивірусні програми, брандмауери, авторизація користувачів, резервне копіювання і відновлення, підтримка цілісності, шифрування тощо.

Традиційна система інформаційної безпеки використовує в управлінні ризиками стандартний набір елементів управління для досягнення базового рівня безпеки. Однак в динамічних умовах виникнення загроз, слід шукати новий спосіб моделювання захисту інформації, що враховує швидко зміну загроз. Очевидно, що використання концепції «Кібер-усвідомлення ситуації», «Кібер-ситуаційна обізнаність» (Cyber situation awareness) знаходиться на підйомі.

Сприйняття, розуміння, проекція поточної ситуації та оцінка можливих наслідків і відповідного реагування не може відбутися без людей - аналітики, адміністратори, оператори і т.д.

В моделі М. Єндслі представлені три рівня усвідомлення ситуації, сприйняття, розуміння і проекція, пізніше, враховуючи людський фактор і використання концепції ситуаційної обізнаності у захисті інформації, Б.Макгінесс [2] та С. Онвубіка (С. Onwubiko) и Т. Оуэнс [3] виділили четвертий рівень - дозвіл.

**Рівень 1. Сприйняття.** На цьому рівні, аналітики інформаційної безпеки виявляють можливі уразливі місця в системі захисту інформації, це передбачає використання індивідуальних і незалежних інструментаріїв для моніторингу мережі. На рівні сприйняття, інформація про статус, атрибути і динаміку відповідних загроз, як з боку внутрішнього так і зовнішнього середовища, дозволяє розширити класифікацію інформації в значимі уявлення, які є основою для наступних рівнів: розуміння, проєкції і дозволу [4].

**Рівень 2. Розуміння.** На цьому рівні аналітики інформаційної безпеки використовують ряд інструментів, методів, для агрегування, аналізу, узагальнення і зіставлення окремих частин доказів загроз та втручань в інформаційну систему. Таким чином, розуміння представляє собою сценарій поточної ситуації який реалізується шляхом визначення значимості отриманих доказів втручань та загроз, що підлягають моніторингу.

**Рівень 3. Проєкція.** На цьому рівні експерти з питань інформаційної безпеки прогнозують можливі методи і види атак на інформаційну систему. Здатність аналітика зробити точний прогноз на майбутнє може бути підвищена за рахунок використання потужних систем моніторингу і технологій, які здатні виявити і передбачити закономірності виникнення майбутніх подій, як приклад, використання системи раннього попередження, що дозволить поліпшити планування і використання профілактичного контролю для запобігання можливих ситуацій.

**Рівень 4. Дозвіл.** На цьому рівні фахівці з інформаційної безпеки можуть рекомендувати і здійснювати адекватний контроль і приймати відповідні контрзаходи, необхідні для зменшення чи усунення ризиків, пов'язаних з функціонуванням комп'ютерних інформаційних систем.

Модель інформаційної безпеки, яка є формальним вираженням політики безпеки (математичне, схемотехнічне, алгоритмічне тощо), включає в себе вибір і обґрунтування базових принципів архітектури захищених комп'ютерних систем, що визначають механізми реалізації засобів і методів захисту інформації, на основі інформаційних потоків у системі.

Визначення інформаційних потоків у комп'ютерній інформаційній системі можна здійснити на основі суб'єктно-об'єктної моделі комп'ютерної системи в механізмах і процесах колективного доступу до інформаційних ресурсів запропонованою професором Гайдамакіним М.О. [5].

Основними положеннями суб'єктно-об'єктної формалізації комп'ютерних систем (КС) в аспекті безпеки інформації є:

1. У КС діє дискретний час.

2. У кожен фіксований момент часу  $t_k$  КС представляє собою скінченну множину елементів, яка ділиться на дві підмножини:

- підмножина суб'єктів доступу  $S$ , під якою розуміють активну сутність КС, яка може змінювати стан системи через здійснення процесів над об'єктами, в тому числі, створювати нові об'єкти і ініціювати створення нових суб'єктів;

- підмножина об'єктів доступу  $O$ , під якою розуміють пасивну сутність КС, процеси над якою можуть в певних випадках бути джерелом створення нових суб'єктів.

У моделі передбачається наявність апріорно безпомилкового механізму розрізнення активних і пасивних сутностей, а також передбачається, що в будь-який момент часу  $t_k$ , в тому числі і в початковий, множина суб'єктів доступу не порожня.

3. Користувачі КС представлені одним або деякою сукупністю суб'єктів доступу, що діють від імені конкретного користувача.

4. Суб'єкти КС можуть бути створені з об'єктів тільки іншим суб'єктом (активною сутністю).

Активна сутність суб'єктів доступу полягає в їх можливості здійснювати певні дії над об'єктами, що об'єктивно призводить до виникнення потоків інформації. Виходячи з цього, центральним положенням суб'єктно-об'єктної моделі є наступне: всі процеси безпеки в КС описуються доступами суб'єктів до об'єктів, що викликають потоки інформації, під яким розуміють довільну операцію над об'єктом  $o_j$ , що реалізується в суб'єкті  $s_m$  і залежить від об'єкта  $o_i$ . Потік може здійснюватися у вигляді різних операцій над об'єктами - читання, зміна, видалення, створення тощо.

Слід зауважити, що потік завжди ініціюється (породжується) суб'єктом доступу. На цій підставі вводиться центральне в політиці і моделях розмежування доступу поняття: доступом суб'єкта  $s_m$  до об'єкта  $o_j$  – називається породження суб'єктом  $s_m$  потоку інформації між об'єктом  $o_j$  – і деяким(и) об'єктом  $o_i$ .

Формальне визначення поняття доступу дає можливість засобами суб'єктно-об'єктної моделі перейти безпосередньо до опису процесів безпеки інформації в захищених КС. З цією метою вводиться множина потоків  $P$  для всієї сукупності фіксованих декомпозицій КС на суб'єкти та об'єкти в усі моменти часу (множина  $P$  є об'єднанням потоків за всіма моментами часу функціонування КС).

З точки зору процесів безпеки, що трактуються як стан захищеності інформації в КС, множина потоків  $P$  розбивається на дві непересічні підмножини  $P_N$  і  $P_L$ :

$$P = P_L \cup P_N,$$

$$P_L \cap P_N = \emptyset,$$

де,  $P_L$  – множина потоків, що викликаються легальними (безпечними) доступами;

$P_N$  – множина небезпечних потоків в КС, що порушують стан захищеності інформації (конфіденційність, цілісність, доступність інформації тощо).

На основі множини потоків дається поняття, яке складає основу формалізації політики розмежування доступу в моделях безпеки: правила розмежування доступу суб'єктів до об'єктів є формально описані потоки, що належать множині  $P_L$ . Дане визначення завершує основні положення суб'єктно-об'єктної моделі КС, на методологічному підґрунті якої будується більшість моделей розмежування доступу, що виражають підходи, принципи і механізми правил розмежування доступу (політику розмежування доступу), а також формальні їх специфікації (самі моделі розмежування доступу). З огляду на те, що дане визначення не конкретизує і не деталізує конкретних механізмів фільтрації потоків на небезпечні і безпечні, можна говорити, що суб'єктно-об'єктна модель КС інваріантна щодо будь-якої прийнятої в КС політики безпеки.

Таким чином, основні аспекти безпеки, будь то фізична безпека або кібербезпека, полягають у контролі доступу до КС, моніторингу оточуючого середовища і повинні забезпечувати реагування на випадки несанкціонованого доступу.

У новій парадигмі інформаційна безпека може бути представлена як ситуаційна обізнаність про оточуюче середовище і адекватне реагування на рівень виявленої загрози.

Ситуаційна обізнаність в Cyber Security є не який-небудь один продукт – це філософія, яка повинна бути реалізована шляхом розумного використання методів і процесів, які охоплюють мережу інформаційних систем.

## Література

1. Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, Human Factors, 1995, 37(1), pp. 32-64 [http://uwf.edu/skass/documents/HF.37.1995-Endsley-Theory\\_000.pdf](http://uwf.edu/skass/documents/HF.37.1995-Endsley-Theory_000.pdf)

2. McGuinness B. and Foy L. A Subjective Measure of SA: The Crew Awareness Rating Scale (CARS). Proc. of the First Human Performance, Situation Awareness and Automation Conference, Savannah, Georgia, 2000

3. Onwubiko, C. & Owens T.J. Review of Situational Awareness for Computer Network Defense. In C. Onwubiko and T.J. Owens (Eds.) Situational Awareness in Computer Network Defense: Principles, Methods and Applications. 2011.

4. Salerno J., Hinman M., and Boulware D. "Building a Framework for Situation Awareness", AFRL/IFEA, AF Research Lab., Rome, NY 13441-4114, USA, 2004.

5. Гайдамакин Н.А. Теоретические основы компьютерной безопасности: Учебное пособие/ Н.А. Гайдамакин. – Екатеринбург. 2008, – 212

УДК 004.82, 004.89, 004.853, 004.855, 005

## **ГІБРИДИЗАЦІЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ БАЗИ МОДЕЛЬНИХ ЗНАНЬ**

І.А. Жирякова

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна*

С.В. Голуб

*Черкаський державний технологічний університет, Україна*

Навколишній світ наповнений різномірними об'єктами зміна властивостей яких відображає стан кожного з них у визначений момент часу. Тому його відображення в структурі бази знань для будь-якої інтелектуальної системи має враховувати особливості його еволюційної зміни у часі, представлені у вигляді лінійно упорядкованої множини станів його об'єктів, яка характеризується неаявністю та багатовимірністю. Отже, при проектуванні бази знань існує нагальна проблема, яка полягає в тому, щоб сформувати концептуальний базис, який в подальшому можна було б використати для створення оптимальної специфікації інтелектуальної системи.

В широкому сенсі концептуальне моделювання призначене для формального опису вибраних явищ оточуючого світу в процесі інтелектуального моніторингу з метою покращення їх сприйняття. В його основі лежить інженерія онтологій, яка призначена для проектування, керування і використання строго типізованих логічних структур в рамках ядра інтелектуальної системи. Для побудови семантично зрозумілих застосувань бази знань, онтології потребують гібридизації. Онтології гібридизуються в рамках варіантів використання, визначених областю їх застосування [1].

Введемо ряд визначень. Знання – це відомості про тенденції, які зберігаються у формі концептів (фактів) та механізмів (алгоритмів) формування висновків (процедур виводу). Концепти можна розділити на початкові, встановлені експериментально і ті, що містяться в чисельних масивах вхідних даних. Вони неявні і потребують уточнень, тому мають

бути перетворенні у форму моделей. Ці моделі міститимуть інформацію – відомості про властивості об'єктів моніторингу у формі залежності показників станів від чисельних характеристик зовнішніх та внутрішніх впливових факторів. Таким чином формується нижня страта глобальної функціональної залежності (ГФЗ) бази модельних знань (БМЗ). Страта визначає рівень сприйняття (від найпростішого до більш складного) та складність сформованих образів для об'єктів моніторингу в сукупності з локальними задачами рівня моніторингу. Дані – це результати неперервних спостережень за заданими характеристиками об'єктів моніторингу. Вони зберігаються у формі бази даних – однієї або кількох, пов'язаних між собою, двовимірних таблиць, які містять характеристики об'єктів моніторингу. Інформація – це відомості про властивості об'єктів. Зазвичай інформація існує у формі моделей, що ідентифікують залежності показників станів від характеристик зовнішніх впливів.

Отже, знання – це відомості про тенденції та закономірності взаємодії, які існують у формі ГФЗ – ієрархічного поєднання моделей. Структура ГФЗ стратифікована. Кожна страта поєднує моделі, що розв'язують локальні задачі одного рівня моніторингу. Структура страти ієрархічна. Ієрархія в межах однієї страти може бути вертикальною, горизонтальною, гібридною, з зворотніми зв'язками. Ієрархія страт – вертикальна, гібридна та із зворотніми зв'язками.

Тому, БМЗ може поєднувати одну або кілька глобальних функціональних залежностей та залежить від змісту глобальної задачі моніторингу, яка формується особою, що приймає рішення, на основі моніторингових даних.

Якщо для забезпечення знаннями процесу прийняття рішень необхідно отримати результати моніторингу процесів та об'єктів із кількох предметних областей, БМЗ буде містити кілька ГФЗ та методи і засоби координації їх вихідних даних, а також інтерпретацію результатів їх взаємодії.

Зважаючи на предмет досліджень авторів по створенню загальної методології проектування БМЗ для будь-якої предметної області, як нової форми здобування, формування та збереження знань, авторами, пропонується за рахунок гібридизації концептуальної моделі покращити підхід до виводу на основі правил та фактів за рахунок формування для правил причинно-наслідкових оцінок, перевірки відповідності та діагностування хибних структур, а також встановлення взаємопов'язаних фактів. Розглянемо її докладніше.

Нехай предметна область складається з множини об'єктів  $O$ , які взаємодіють між собою. Тоді кортеж  $(D, R)$  – це екстенціональна реляційна

структура, де  $D$  – множина, яка називається домен (універсум), який містить певну підмножину об'єктів  $O$ , а  $R$  – множина відношень різної арності на  $D$ .

Під системою  $S$ , що і являтиме собою загальну концептуалізацію будемо розуміти частину навколишнього світу (предметну область), яку ми намагаємось дослідити і яка при певному рівні деталізації сприймається агентом, зовнішнім по відношенню до системи, у вигляді сукупності змінних, отриманих в результаті спостереження.

Навколишній світ – це лінійно упорядкована множина станів  $W$ , яка відображає еволюцію системи у часі. По відношенню до  $S$  стан  $W$  в якому знаходиться навколишній світ – це унікальні значення змінних, які спостерігаються, і характеризують систему.

Тоді інтенціональним відношенням  $p^n$  арності  $n$  на  $(D, W)$  є функцією  $p^n: W \rightarrow 2^D$  із множини  $W$  на множину усіх  $n$ -арних екстенціональних відношень на  $D$ .

Отже, інтенціональна реляційна структура – це трійка  $(D, W, R')$ , де  $R'$  – множина інтенціональних відношень між  $O$ . Якщо вважати, що унарні відношення незмінні, а бінарні змінюються, то можна специфікувати інтенціональні відношення, як функції. Тому інтенціональна специфікація – це фактично вибір мови і обмеження її інтерпретації шляхом введення набору правил (аксіом). А онтологія – це множина аксіом, призначена для представлення лише тих моделей, які відповідають визначеній концептуалізації.

Тоді, якщо  $L$  – мова першого порядку зі словарем  $V$  і  $S=(D, R)$  – екстенціональна реляційна структура, то екстенціональна структура першого порядку (модель  $L$ ) – це кортеж  $M=(S, I)$ , де  $I$  – функція екстенціональної інтерпретації  $I:V \rightarrow D \cup R$ , яка відображає символи словаря  $V$  в  $D$  або  $R$ .

Якщо  $L$  – мова першого порядку зі словарем  $V$  і  $C=(D, W, R')$  – концептуалізація, тоді, інтенціональна структура першого порядку (онтологічне співставлення) – це кортеж  $K=(C, I')$ , де  $I'$  – функція інтенціональної інтерпретації  $I':V \rightarrow D \cup R'$ , яка відображає символи словаря  $V$  в  $D$  або  $R'$ .

Отже, даний підхід успішно можна використовувати для побудови загальної структури концептів в системах підтримки прийняття управлінських рішень, які базуються на модельно-орієнтованому підході. Суть підходу полягає в побудові абстрактної метамоделі взаємопов'язаних концептів (описує структуру і принципи дії інших моделей в БМЗ) та обміну метаданими між нею та багатопараметричними обчислюваль-



ними моделями, які консолідують знання, шляхом поєднання ГФЗ, сформованих в рамках різномірних предметних областей. Також, цей підхід дасть можливість уніфікувати процес структурної ідентифікації ГФЗ, шляхом перевірки їх відповідності заданій структурі концептів для зменшення немаркованої частоти помилок, завдяки аналізу ймовірності порушень онтології.

На рис. 1 представлено один з можливих способів відтворення гібридизації загальної специфікації концептуалізації.

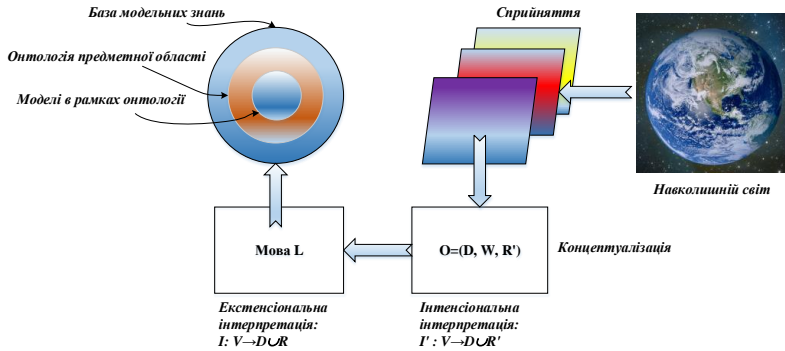


Рис. 1. Специфікація концептуалізації будь-якої предметної області.

Інтенціональна інтерпретація зазвичай формується на основі гомогенних та гетерогенних вибірок характеристик однорідних або неоднорідних об'єктів з множини об'єктів  $O$ . У випадку однорідності об'єктів дані не потребують попередньої обробки, інакше – слід виконати їх поділ на кластери згідно онтологічного базису, для утворення гомогенних вибірок. На основі гомогенних вибірок в подальшому буде формуватися ієрархічна структура ГФЗ окремих страт, яку слід розглядати як задачу інтерполяції та екстраполяції, коли за емпіричними даними потрібно знайти функціональну залежність за якою з достатньою точністю можна визначити значення стану досліджуваного об'єкта моніторингу в довільні моменти часу від чисельних характеристик зовнішніх та внутрішніх впливових факторів.

Аналіз інформації по сформованим масивам вхідних даних на основі моделей створених за гомогенними вибірками будемо розглядати як індуктивний синтез знань, що реалізується в результаті автоматичної генерації класифікаційної багатопараметричної моделі на основі спеціально підготовлених тестових (навчальних) вибірок.

### **Література:**

1. Жирякова І.А. Онтологічна гібридизація, як засіб опису варіантів використання бази модельних знань для SMART-міста // Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси: І міжнародна науково-практична конференція ІМТСК-2019, 29-31 травня 2019 р. : тези доповіді. – Черкаси, 2019. – С. 63-67.

**СЕКЦІЯ 4**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗРАЗКІВ ТЕХНІКИ**  
**СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ ГРУПИ БПЛА ЗА НАЯВНОСТІ ДЕКІЛЬКОХ ДЕПО

Л.Ф.Гуляницький

*Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України*

В останні роки чітко визначилася тенденція до розширення сфер використання безпілотних апаратів, зокрема, безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Світовий досвід розвитку безпілотної авіації, перш за все, у таких розвинених країнах, як США, Німеччина, Ізраїль, показує, що БПЛА в найближчі 10-15 років зможуть виконувати більшість завдань, які вирішуються нині пілотованими засобами. Уже зараз БПЛА використовуються для контролю технічного стану, безпеки та процесу функціонування різних об'єктів і систем, зокрема, в екології, сільському чи лісовому господарстві, на залізничному транспорті, при організації морських пошуково-рятувальних операцій; все більш суттєву роль БПЛА відіграють і у військових застосуваннях [1].

Розглядається спеціальна проблема маршрутизації групи БПЛА, перед якими стоїть завдання відвідати задану множину об'єктів (точок на місцевості) так, щоб всі об'єкти були відвідані в точності лише одним БПЛА, причому БПЛА можуть стартувати та приземлятися у декількох пунктах (депо).

Особливості постановки полягають в тому, що:

- для кожного БПЛА задається значення, що характеризує польотний ресурс і в разі вичерпування цього ресурсу апарат повинен повернутися в довільне депо для його поповнення, щоб продовжити виконання завдання;

- БПЛА можуть стартувати і приземлятися, використовуючи різні депо, прив'язка до яких відбувається в ході планування виконання завдання.

Вимагається знайти маршрути БПЛА мінімальної сумарної довжини з можливою мінімізацією їх кількості.

Розв'язування задачі розділимо на два етапи:

- 1) визначення депо для старту кожного БПЛА;
- 2) формування маршрутів БПЛА із визначених депо, враховуючи ресурсні обмеження.

Позначимо  $u$  кількість депо,  $n$  – кількість об'єктів,  $m$  – кількість БПЛА. Нехай  $B = \{b_1, \dots, b_u\}$  – це множина депо, а  $Y = \{y_1, \dots, y_n\}$  – множина об'єктів.

Розглянемо розбиття множини  $Y$  на спеціальні блоки розбиття  $Y^i$ , які є або порожніми, або *впорядкованими* послідовностями елементів  $Y$  (тобто, розміщенням) і задовольняють умовам:

$$\bigcup_{i=1}^m Y^i = Y,$$

$$Y^i \cap Y^j = \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, \dots, m.$$

Таким чином, такі спеціальні блоки розбиття можуть відрізнятися між собою як елементами, так і їх порядком. Вони і будуть визначати польотні завдання для кожного БПЛА: як множину об'єктів, які слід відвідати, так і порядок їх обходу.

Якщо початкове розміщення БПЛА в депо не задано, то варіанти призначення можуть породжуватися експертним шляхом на основі аналізу ситуації чи випадковим чином.

Після першого етапу, коли відоме стартове розміщення БПЛА, фрагмент маршруту для  $i$ -го БПЛА, може бути описаний так. Спочатку задається вектор  $X^i = (b_i^0, Y^i)$ , де  $b_i^0 \in B$ , а  $Y^i$  – це один із зазначених блоків розбиття з упорядкуванням. Зрозуміло, що якщо  $Y^i = \emptyset$ , то відповідний БПЛА в такому варіанті планування маршрутів не задіяний.

Нехай  $Y^i = (y_1^i, \dots, y_s^i)$ , де  $y_i^s \in Y$ ,  $i = 1, \dots, s$ , а  $1 \leq s \leq n$ . Для задоволення умов на обмеження льотного ресурсу (що вимагає підзарядки чи дозаправлення в депо), виконаємо таку процедуру: починаючи з  $y_1^s$ , визначаємо такий максимально можливий підфрагмент із розташованих підряд  $t$  компонент  $X^i$ ,  $t \leq s$ , що маршрут  $(b_i^0, y_1^i, \dots, y_t^i, b_1^i)$ , де  $b_1^i \in B$  – найближче до об'єкта  $y_t^i$  депо, задовольняє умовам обмежень на ресурс  $i$ -го БПЛА, а при  $t < s$  підфрагмент  $(b_i^0, y_1^i, \dots, y_t^i, y_{t+1}^i, b_1^i)$  уже не задовольняє. Продовживши цю процедуру з наступними підфрагментами, вставляємо в  $X^i$  відповідні депо, останнє із яких визначатиме кінець маршруту. У разі, якщо відвідання вже першого компонента

$y_1^s$  не може бути реалізоване, тобто додавання будь-якого депо для повернення БПЛА неможливе із-за перевищення ресурсу, то таке розбиття множини  $Y$  вважається неприпустимим; аналогічно, воно є неприпустимим, якщо при вставленні депо залишаються компоненти  $X^i$ , включення яких в маршрут призводить до перевищення польотного ресурсу.

Після успішного завершення такого опрацювання отримуємо послідовність із  $l(i)$  елементів, яка починається з  $b_i^0$  і закінчується  $b_i^{k(i)}$ ,  $b_i^0, b_i^{k(i)} \in B$ , де  $l(i)=k(i)+s+1$ , а  $k(i)$  – кількість депо, вставлених шляхом виконання описаної процедури. Цю послідовність, для зручності, позначимо  $X^i$ , так що надалі вважатимемо  $X^i = (x_1^i, \dots, x_{l(i)}^i)$ .

Довжина маршруту  $i$ -го БПЛА в цих позначеннях визначатиметься так:

$$f(X^i) = \begin{cases} \sum_{j=1}^{l(i)-1} d(x_j^i, x_{j+1}^i), & \text{якщо } Y^i \neq \emptyset, \\ 0 & \text{в іншому разі,} \end{cases}$$

де  $d(x_j^i, x_{j+1}^i)$  – відстань між відповідними пунктами (депо, об'єкти).

Цільову функцію досліджуваної задачі оптимізації маршрутів БПЛА тоді можемо подати так:

$$F(X) = \sum_{i=1}^m f(X^i),$$

де  $X = (X^1, \dots, X^m)$  – елемент простору розв'язків задачі, який визначається способом розбиття множини об'єктів  $Y$  та розташуванням депо  $B$ .

Важливо відзначити, що запропонована математична модель маршрутизації в якості частинних випадків включає також такі постановки задач, що мають важливе прикладне значення:

1) Всі БПЛА стартують лише з одного депо і повертаються в нього. В цьому разі задача може зводитися до відомої задачі маршрутизації транспортних засобів [2].

2) Для кожного БПЛА вказане одне із конкретних депо із декількох наявних в якості місця старту і завершення маршруту [3].

3) Для кожного БПЛА однозначно зафіксоване одне із декількох наявних депо для старту, а повернення можливе в будь-яке із цих депо [4].

З іншого боку, запропонований підхід до формалізації може служити кроком до розробки математичних моделей задач маршрутизації літальних апаратів у випадку, коли літальні апарати (БПЛА чи спеціальні крилаті ракети багаторазового використання) запускаються зі спеціального літака-носія [5].

Враховуючи складність задач комбінаторної оптимізації, що виникає, застосування точних методів можливе лише для малих розмірностей. Тому для її розв'язування доцільно розроблювати наближені алгоритми, зокрема, алгоритми оптимізації мурашиними колоніями [6,7].

### Література

1. Ponda, S. S., Johnson, L. B., Geramifard, A., How, J. P. Cooperative mission planning for multi-UAV teams. In: Handbook of Unmanned Aerial Vehicles. – Dordrecht: Springer, 2015. – P. 1447-1490.

2. Toth P., Vigo D. (eds.). Vehicle routing: problems, methods, and applications. – Society for Industrial and Applied Mathematics, 2014. – 462 p.

3. Austin R. Unmanned Aircraft Systems. UAVs Design, Development And Deployment / R. Austin. – West Sussex: John Wiley and Sons, 2010. – 365 p.

4. Гуляницький Л.Ф., Рибальченко О.В. Формалізація та розв'язування одного типу задач маршрутизації БПЛА // Теорія оптимальних рішень. – 2018. – 17. – С. 107-114.

5. Горбулін В.П., Гуляницький Л.Ф., Сергієнко І.В. Постановки та математичні моделі проблем оптимізації маршрутів літальних апаратів із динамічними депо // Управляющие машины и системы. – 2019. – № 1. – С.1-14.

6. Гуляницький Л.Ф., Мулеса О.Ю. Прикладні методи комбінаторної оптимізації. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016. – 142 с.

7. Dorigo M., Stützle T. Ant Colony Optimization: Overview and Recent Advances. In Handbook of Metaheuristics. Third Edition (Gendreau V., Potvin J.-Y. eds). – Cham: Springer, 2019. – P. 311-351.

УДК 004.94

## ОСОБЛИВОСТІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІРТУАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

П.Л. Аркушенко

В.В. Борщ

О.І. Вервейко

А.В. Коваленко

*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*

Проголошений курс України на євроінтеграцію та вступ в Північно-атлантичний альянс висуває до неї різні вимоги. Однією з таких вимог є сучасні збройні сили та сумісність їх арміями країн НАТО. В даний час в Україні інтенсивно проводиться оборонна реформа, яка має відповідати актуальним потребам оборони України, сприяти зміцненню спроможностей Збройних Сил, підвищенню їх готовності до виконання завдань за призначенням. В рамках цієї реформи, зокрема, передбачено “створення нових та модернізація існуючих систем, комплексів і зразків озброєння та військової техніки ...” [1] та “...прийняття на озброєння принципово нових зразків, розроблених на основі сучасних технологій” [2], а також “створення та використання математичних моделей, імітаційно-моделюючих комплексів...з метою скорочення термінів та економії матеріально-технічних і фінансових ресурсів на проведення усіх видів випробувань...” [3].

Приймання озброєння та військової техніки (ОВТ) на озброєння (постачання) здійснюють, зокрема, на підставі позитивних результатів державних випробувань. Які на сучасному етапі характеризуються постійним збільшенням обсягу й складності вимірювань параметрів (характеристик) ОВТ, підвищенням вимог до оперативності та своєчасності вимірювань, швидкодії засобів вимірювальної техніки (ЗВТ).

При проведенні випробувань часто застосовують морально і фізично застарілі засоби. У ряді випадків необхідно одночасно вимірювати велику кількість параметрів і характеристик ОВТ. Це вимагає значного збільшення номенклатури та кількості ЗВТ при випробуваннях зразків ОВТ, тривалості та обсягу вимірювань, фінансування метрологічного забезпечення. Для усунення зазначених протиріч у Державному науково-дослідному інституті випробувань і сертифікації ОВТ на стику вимірювальних та інформаційних технологій проводяться роботи з розро-



бки вимог до вимірювально-інформаційних систем, серед яких особливе місце займають віртуальні вимірювальні прилади (ВВП). Проведені дослідження з обґрунтування технічного обрису ВВП під час випробувань легкоброньованої автомобільної колісної техніки та можливих варіантів створення реконфігуруємого ВВП параметрів та характеристик ОВТ повітряних сил.

ВВП представляє собою ЗВТ на основі універсального комп'ютера, який оснащений додатковим програмним забезпеченням (прикладним і драйверів) і апаратними (технічними) засобами [4]. Показано, що при створенні прикладного програмного забезпечення (ПЗ) ВВП, в даний час, все більша перевага віддається спеціалізованому ПЗ, зокрема, графічному програмуванню на мові G в системі автоматизованого проектування LabVIEW. Прикладне ПЗ в цьому випадку містить передню панель приладу і блок-діаграму його роботи.

Вивчення, аналіз та узагальнення літературних джерел дозволило розробити узагальнену структурну схему ВВП і виділити п'ять варіантів його реалізації [4-10].

У першому варіанті під ВВП розуміють комп'ютерну програму, яка має графічний інтерфейс користувача (передню панель) і описує алгоритм роботи вимірювача (блок-діаграму). Особливістю такого ВВП є те, що розроблена і відтворена на екрані монітора програмним шляхом передня панель може повністю імітувати панель традиційного засобу вимірювань. Програмний імітатор вимірювальної інформації створюють наприклад по [5, 6]. ВВП цього варіанту можна використовувати при вивченні алгоритмів роботи зі складними вимірювальними приладами за їхніми імітаторам; для набуття практичних навичок в роботі з ВВП і їх програмуванням; при проектуванні нових ВВП; при підготовці фахівців з експлуатації та технічного обслуговування ОВТ, здатних експлуатувати складні вимірювальні прилади; при моделюванні метрологічних характеристик [6].

Схемно-конструктивне виконання ВВП другого варіанту аналогічно першому. Принципова відмінність полягає в тому, що в імітатор вимірювальної інформації одним з відомих способів записані результати вимірювань, які отримані попередньо. Другий варіант застосовують в тих же випадках, що й перший, а також для відпрацювання алгоритмів обробки результатів практичних вимірювань; при неможливості підключення ВВП до об'єкта вимірювань.

У ВВП третього варіанту, який іноді називають комплементарним або доповнюючим, досягнення комп'ютерної техніки спрямовані на удосконалення процесу вимірювань, а саме розширення можливості вже існуючих автономних промислових вимірювальних приладів. Для

реалізації цього варіанту використовують промисловий вимірювальний прилад зі стандартним пристроєм сполучення з комп'ютером. Розробляють передню панель, що імітує зовнішній вигляд промислового вимірювального приладу, а також ПЗ для збору й обробки даних, їхнього представлення в зручній для користувача формі, а також керування самим вимірювальним приладом. Тим самим до вимірювальних можливостей приладу додаються потужні обчислювальні, керуючі й графічні можливості комп'ютера й у підсумку виходить новий віртуальний прилад, який має набагато більш можливостей, ніж традиційний прилад [10]. ВВП даного варіанту можна використовувати для розширення сервісних та функціональних можливостей стандартного вимірювального приладу; при вивченні алгоритмів роботи з складними вимірювальними приладами за їх імітаторами.

ВВП четвертого і п'ятого варіантів призначені для вирішення метрологічних завдань. Принципова відмінність четвертого і п'ятого варіантів полягає в типах інтерфейсів зв'язку, які використовуються для передачі вимірювальної інформації на комп'ютер. У ВВП четвертого варіанту використовують зовнішні інтерфейси комп'ютера, а в п'ятому - внутрішні шини вводу/виводу комп'ютера.

Розроблена архітектура ВВП, який в найбільш складній реалізації являє собою реконфігурований багатоканальний багатовеличинний вимірювач у вигляді набору програмних і апаратних засобів, з якого можна створити засоби для вимірювання різних фізичних величин. Цей процес створення передбачає реконфігурування апаратних і програмних засобів.

Залежно від можливостей реконфігурування виділено три варіанти застосування ВВП: перший варіант – інструментальне ПЗ відсутнє; другий варіант – передбачено інструментальне ПЗ САПР LabVIEW; третій варіант – передбачено інструментальне ПЗ для можливості зміни апаратних і програмних засобів.

При застосуванні першого варіанту в ВВП завантажують конфігураційні файли, які створені при проектуванні приладу. Користувачі ВВП повинні мати стандартні знання в області застосування комп'ютерів.

Другий варіант ВВП застосовують для незначної зміни конфігурації ВВП, що потрібно не часто. Тому такі користувачі ВВП можуть входити до складу регіональних метрологічних військових частин для підготовки ВВП до експлуатації на об'єктах ОВТ. Вони повинні мати основні знання зі схемотехніки, конструкції і технічних характеристик ПЛІС, основним конструкціям і парадигмам програмування; практичні навички і досвід роботи з САПР, математичними моделями і методами моделювання.

Третій варіант ВВП застосовують тільки при істотній зміні розв'язуваних метрологічних завдань, що потрібно вкрай рідко. Тому таких користувачів ВВП в Збройних Силах України необхідна обмежена кількість і вони, зокрема, можуть бути представниками однієї з організацій зі складу метрологічної служби Міністерства оборони України та Збройних Сил України. Користувачі ВВП повинні мати базові знання зі схемотехніки, основним алгоритмам і методам обробки вимірювальної інформації, основним конструкціям та парадигм програмування; навички роботи з САПР і комп'ютерними системами, розробки математичних моделей компонентів, використання математичних методів моделювання пристроїв.

Таким чином, імітаційне моделювання автоматизує процес проектування ВВП і зміни їх конфігурації на рішення нових метрологічних завдань при випробуваннях ОВТ. Воно сприяє підвищенню ефективності процесу проектування ВВП; дозволяє: помітно скоротити терміни проектування особливо на ранніх етапах, коли необхідно перевірити методи і алгоритми, за допомогою яких передбачається вирішити поставлені метрологічні завдання, вибрати найкращі рішення з наявних варіантів, а також оцінити характеристики проектного ЗВТ; знизити схемо-конструктивне виконання ЗВТ і їх номенклатуру.

#### **Список посилань**

1. Стратегічний оборонний бюлетень України / Указ Президента України від 06.06.2016.– № 240/2016.– 23 с.

2. Воєнна доктрина України / Указ Президента України від 24.09.2015.- №. 555/2015. - 26 с.

3. Положення про Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки // Наказ Генерального штабу Збройних Сил України № 462. - 30.12.2017. - 16 с.

4. Jerone J. Virtual instrumentation using LabVIEW. - New Delhi, PHI Learning Private Limited, 2010. - 446 с.

5. Жуков К.Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. -М.: ДМК Пресс, 2011. - 688 с.

6. Шевчук В.П. Моделирование метрологических характеристик интеллектуальных измерительных приборов и систем / В.П.Шевчук. - Москва : Физматлит, 2011. - 320 с.

7. Esim J., Oleagordia J., Loureiro S. (2015) Research and Development of a Virtual Instrument for Measurement, Analysis and Monitoring of the Power Quality // Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications, 2015. – Vol. 5. - .С. 10-16. doi:10.4172/20904541.1000185.

8. Verveiko A. I., Lappo I. M., Arkushenko P. L., Yusukhno S. I. Frequency Instability Measurement Device Based on the Pulse Coincidence Principle // *Visnyk NTUU KPI Serii A – Radiotekhnika Radioaparato-buduvannia*. – Kyiv: KPI, 2018. – С. 29 - 36. DOI: 10.20535/RADAP.2019.76.29-36.

9. Бессонов А.С. Виртуальные модели измерительных систем концептуального уровня проектирования // *Южно-сибирский научный вестник*, 2014. - № 1 (5). – С. 74-79.

10. Перцовский М.И., Евтихов М.Г. Виртуальные приборы комплементарного типа, анализаторы протоколов и визуальные умолчания // *Автоматизация в промышленности.-2005.- №5.- С. 22-27.*

УДК 327:355.02(477)

## **DETERMINATION OF CRITERIA AND METHODS FOR ASSESSMENT OF THE WAYS ON ENSURING ON THE WAYS OF THE MILITARY FORMATIONS ARMING**

Bilokur M.O.

*Central Research Institute of Armaments and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine*

Maintenance of samples of weapons is carried out at the stages of their life cycle and is carried out on the basis of coordination of actions of the customer and the consumer with a wide range of organizations from the main developer to the co-executors, which does not exclude the occurrence of conflict situations. This leads to the problem of implementing the optimal synthesis of such a complex system and does not allow to direct efforts to achieve the extremum of the target function of the system as a whole. Therefore, the emergence of such a problem and the existing conflicts in the process of determining the means of providing arms to military formations is considered as a complex organizational system, and the difficulties of direct solution of the problem of optimal synthesis in this case are related to:

- the interconnections of a complex system (between systems of the lower level and elements of the system);
- limited programming abilities;
- the construction of a mathematical model, etc.;
- and cause the need to find solutions to this problem.

The methods developed at present allow analytically to calculate the technical perfection of the weapons samples that are considered for providing military formations, as investigated when choosing for procurement or

development. Such tasks are deterministic, but, considering costs at all stages of the life cycle, there may be stochastic (probable ones) that can be solved by expert methods. At present, the list and content of the source data when choosing ways of providing weapons are not defined at all stages. Thus, having them strictly non-formalized, the statement of the problem of synthesis is carried out under conditions of uncertainty, which in most cases is solved by heuristic methods, which in turn allows elements of subjectivity.

Having determined the list and content of the initial data, it is possible to pre-implement the calculations in cost form (strictly mathematical) in the form of expenses, having carried out the projection of expenditures at the stage of the weapon's life cycle, and such a list to be chosen according to the criterion of the problem of synthesis, while defining the criteria of the restrictions, and to use these data for assessing the quality of this type of weapons and the cost of the stages of their life cycle. Also, in case of incomplete receipt of such data in cost form, with their partial, such an assessment will allow to determine between the corresponding methods when solving the problem of choosing ways of providing arms in the medium term. Even if this method is not analytical, then the relevant statistics will help to reduce the degree of uncertainty and subjectivism when choosing ways to provide armed skills by expert means.

## **METHOD OF UAS QUALITY ASSESSMENT BY THE TECHNICAL DIAGNOSTIC DATA**

Bashyns'ka Ol'ha

*Chernihiv National University of Technology, Ukraine*

Kazymyr Volodymyr

*Chernihiv National University of Technology, Ukraine,*

Nesterenko Serhii

*State Scientific and Research Institute of Arms Testing and Certification  
of the Ukraine Armed Forces, Ukraine,*

Unmanned aerial systems (UAS) recently have been rapidly developing [1] both conceptually and technically. The reason for this is they quite unexpectedly found as effective alternative to traditional means and technical systems in a number of areas of use.

In the pre-production period of the UAS life cycle, technical diagnostics (TD) data are using in a wide variety of purposes [2]. At the same time, a rational evaluation of the final quality indicators (QI) through TD requires the development relevant means how to do this.

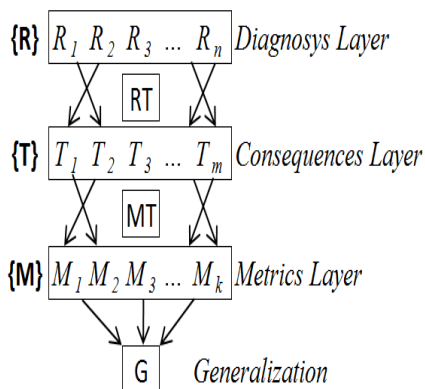
The aim of this theses is to describe the action sequence for assessing the quality of UAS via the TD data to increase the validity of decisions on their compliance with the system requirements.

In the examination process the TD data accumulate in large volumes [3], especially when automated systems for registration primary information are using [4]. They are not always structured enough and can be easily interpreted not always as well. The UAS QI definition becomes possible after processing of large data arrays only, which slows down the overall testing process. These barriers overcoming is possible by using two approaches:

- structuring of information entities to different semantic layers with ensuring of correctly organized interfaces between them;
- using the modern probabilistic mathematical methods of current TD data processing in real time. Such a mathematical apparatus is Bayesian trust networks (BNT).

Now more and more researchers' attention is attracted [5, 6] to the methodology of using BNT to solve a variety of technical problems [7], especially those related to uncertainty and the need to combine expert estimates with numerical data accumulated in various databases.

The analysis of the TD process and the logical connections found in it allow us to construct a diagram of causes and consequences in determining QI of UAS (Fig. 2).



**Fig.1.** Causes and consequences diagram of the TD procedure.

Thus, objects that participate in the UAS examining can be grouped logically into the diagnostic layer  $\{R\}$ , the effects layer  $\{T\}$ , and the layer of QI metrics  $\{M\}$ , as shown in Fig. 1. The matrices  $RT$  and  $MT$  act as interfaces between these layers.

In Fig. 1 also there is the node of generalization of quality metrics  $G$  which is not mandatory in terms of normative documents. It looks useful technically for ensuring the possibility of final result obtaining and it can be interpreted simply in process of results analysis. Traditionally, it is calculated as a weighted sum of metrics  $M_i$ :

$$G = \sum_{i=1}^k \alpha_i M_i,$$

where  $\alpha_i$  is a weight of metric  $M_i$ .

The sequence of determination of UAS QI according to the TD data corresponds to the following algorithm.

1. The  $R$ ,  $T$  and  $M$  sets must be determined based on the UAS technical documentation and the existing regulations. Their elements determine the course and results of the UAS assessment.
2. The matrices  $RT$  and  $TM$  are to be filled up. They determine the structure of causative relationships in the test procedure.
3. A test is conducted with two conditions:
  - a) TD is performed and by this way the results of measurements and failures observation  $R$  become actualized;
  - b) the results of the  $T$  test are determined and the  $X$ -sets for each metric of the  $M$  set become actualized;

4. If necessary, the generalized index  $G$  is calculated according to the customer's test method.

To use the model in Fig. 1 as BNT, further it is necessary to define a priori probabilities for each of its objects. These a priori probabilities are determined either on the basis of the statistics of previous examinations, and/or on the basis of expert information.

Condition (3-b) defines a slow consecutive procedure based on the  $RT$  and  $TM$  matrices obtained in i.2. Such an approach does not pay attention to the possibility of a logical problem decomposition, taking into account the mutual different tests independence in the UAS structure, which belongs to different subsystems of it. Here using BNT is proposed as a solution for this problem.

#### Conclusions

Based on metrics of the UAS QI and set of TD data it is possible to construct a BNT to solve the tasks for quality indicators assessment in real time during of UAS testing.

The proposed method allows quantifying the extent to which tests are expected to be used during the assessment process. This opens up the opportunity to determine the most rational and economical test methods, which include the most significant checks that give a reliable and fast result.

#### Literature

1. Herlik E. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for commercial applications global market & technologies outlook 2011 – 2016. Technical report, Market Intel Group LLC, 2010.– 220 p.

2. Bashins'ka O., Kamak Y., Nesterenko S. Diagnostic method for the components of the UAS control system. // In the Technical sciences and technologies: scientific journal. – Chernigiv: CNUT, 2018. – № 2 (12).– pp. 142-149.

3. Bashins'ka O., Kazymyr V., Nesterenko S. The telemetric log files formation for operative technical diagnostics of unmanned aerial systems // In the Technical sciences and technologies: scientific journal, № 3 (13), 2018 – Chernigiv: CNUT – pp.132-138.

4. Semmel G., Davis S., Leucht K. et al. NESTA: NASA Engineering Shuttle Telemetry Agent // AAAI: AI Magazine, 27(3), 2006.– p. 25-35.

5. Pearl J. Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference.– SF: Morgan Kaufmann, 1988.– 358 p.

6. Abramson B., Brown J., Edwards W., Murphy A., Winkler R. Hail-finder: A Bayesian system for forecasting severe weather // International Journal of Forecasting, 12(1), 1996.– p.57-72.



7. Akimenko A., Bashins'ka O., Kazymyr V. Construction of a probabilistic model of a complex software-hardware system based on UML diagrams // Mathematical and Simulation Modeling Systems, MODS-2018 Thirteenth International Scientific and Practical Conference – Kiev-Chernihiv-Zhukin, June 25-29, 2018 – pp. 264-265.

UDC 519.876.2:62-50(047)

## **RATIONAL CONTROL OF OBJECTS WITH UNDEFINED DYNAMICS**

A. S. Kulik, V. G. Dzhulgakov

*National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Ukraine*

The growth of consumer requirements for the quality of functioning of automatic control objects is in contradiction with the growth of a priori and a posteriori uncertainties of the conditions of their operation. Uncertainty of conditions is caused by the action of external disturbing influences unforeseen when designing, and also by the appearance of various internal disturbing influences: malfunctions, breakdowns, failures, in general, failures in the operation of hardware. The uncertainty of conditions is caused by the action of external disturbing influences, unforeseen during design, and also by the appearance of various internal disturbing influences: malfunctions, failures, breakdowns, and, in general, failures in the operation of hardware. External and internal disturbing influences destabilize the working capacity of automatic control objects (ACO) and lead to a significant change in its dynamics. Such impacts are essentially destabilizing effects with event uncertainty.

Models and methods of adaptive control allow to partially resolve this contradiction with the use of a number of plausible hypotheses about the nature of destabilizing effects and their influence on the dynamics of ACOs [1, 2]. For a more complete solution of the contradiction is necessary to search for new approaches.

A productive solution of the contradiction seems to be an adaptation with the help of 'rational control' principle based on a deep diagnosis of the causes of destabilization of the ACO working capacity and its flexible recovery according to the diagnosis.

'Rational control' principle is formed using a priori knowledge obtained in the process of designing automatic control systems for objects with uncertain dynamics, and a posteriori knowledge acquired during maintenance through diagnostics [3].

The report presents the results of research on the development of rational control approach of ACO with uncertain dynamics due to the destabilizing effects of event type.

Studies are based on a hypothesis about the nature of destabilizing effects  $d_i \in D; i = \overline{1, q}$ , corresponding to data on emergency situations of control systems of autonomous objects.

The destabilizing effect is considered as an indefinite event, characterized by the appearance at an unknown point in time, at an unknown location in the ACO, with unknown properties.

To describe the processes of the influence of destabilizing effects on the dynamics of the ACO, a new class of mathematical models has been proposed that reflect the functional connection of direct signs of destabilization with indirect ones.

Such models are called diagnostic functional models (DFM). The simplest DFMs are models obtained using linearized representations of transformation processes in a discrete state space:

$$\begin{aligned} \Delta x_i \left[ (k+1)T_0 \right] &= \left[ A_i x(kT_0) + B_i u(kT_0) \right] \Delta \lambda_i; \Delta x_i(0) = \Delta x_{i0}; \\ \Delta y_i(kT_0) &= C \Delta x_i(kT_0) + \left[ C_i x(kT_0) + N_i u(kT_0) \right] \Delta \lambda_i; i = \overline{1, q}, \end{aligned} \quad (1)$$

where  $\Delta x_i(kT_0)$  –  $n$ -dimensional vector of deviations caused by destabilizing effects  $d_i$ ,  $\Delta x_i(kT_0) \in \Delta X^n$ ;  $x(kT_0)$  –  $n$ -dimensional vector of the nominal state of ACO;  $x(kT_0) \in X^n$ ;  $u(kT_0)$  –  $r$ -dimensional vector of control actions of ACO,  $u(kT_0) \in U^r$ ;  $\Delta y_i(kT_0)$  –  $m$ -dimensional vector of indirect signs of destabilizing effects available for measurement;  $\Delta y_i(kT_0) \in \Delta Y^m$ ;  $\Delta \lambda_i$  – direct signs of destabilizing effects;  $C$  –  $m \times n$ - ACO measurement matrix;  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$  и  $N_i$  – matrices of sensitivity functions of the corresponding matrices of the nominal ACO model by the parameter  $\lambda_i$ , corresponding to the destabilizing effect  $d_i$ ;  $T_0$  – quantization period,  $k = \overline{1, l}$ .

With the help of DFM (1), the tasks of ACO diagnostic support are consistently solved. The first task is to detect destabilizing effect. The second is its localization. The third task is to identify the properties of destabilizing effect. The obtained knowledge about the properties of destabilizing effects are formed into production bases using two-digit predicate equations of the form:

$$z_i = S_2 \left\{ \Delta y_i (kT_0), \delta_i \right\}, \quad (2)$$

where  $z_i$  – Boolean sign;  $S_2 \left\{ \cdot \right\}$  – the symbol of a two-digit predicate function depending on the indirect feature  $\Delta y_i (kT_0)$  and the threshold value  $\delta_i$ .

For the formation of a logical conclusion about the diagnosis, a dichotomous tree is used, in the nodes of which predicate equations are used, corresponding to the sequence of solving diagnostic problems. To ensure the efficiency of diagnosis, a dichotomous tree is balanced according to the criterion of branch length minimization.

After receiving the diagnosis, the process of restoring the destabilized ACO begins. Recovery of the ACO working capacity is carried out with the help of such redundant means: signal and parametric adjustments, reconfiguration of algorithms and equipment. For the synthesis of recovery algorithms, the following process model is used:

$$\begin{aligned} \Delta y_i \left[ (k+1)T_0 \right] &= R \Delta y_i (kT_0) + h \varphi (kT_0); \\ G (kT_0) &= c^T \Delta y_i (kT_0); \Delta y_i (0) = \Delta y_{i0}, \end{aligned} \quad (3)$$

where  $\Delta y_i (kT_0)$  – vector of deviations of ACO signals caused by destabilizing effect  $d_i \in D$ ;  $R$ ,  $h$ ,  $c$  – matrices of corresponding dimensions:  $\varphi \left[ \sigma (kT_0) \right]$ .

Lyapunov function selected in such form:

$$V \left[ \Delta y_i (kT_0) \right] = \Delta y_i^T (kT_0) Q \Delta y_i (kT_0), \quad (4)$$

where  $Q = Q^T > 0$ . Such a function is definitely positive in the domain  $\Omega$  and, therefore, satisfies the requirements.

From the condition of satisfaction of the first difference of the Lyapunov function

$$\Delta V \left[ kT_0, (k+1)T_0 \right] = V \left\{ \Delta y \left[ (k+1)T_0 \right] \right\} \quad (5)$$

an algorithm is formed that ensures the asymptotic stability of the process of ACO recovery.

The task of synthesis of recovery algorithms is reduced to the problem of synthesis of control actions using the second Lyapunov method.

The productivity of the proposed approach was studied by computer modelling and experiments on prototypes of autonomous aircraft.

As a result of the research, it was confirmed that it is possible to diagnose and restore the system's working capacity at the time of ACO transition to the operation according of the control program, that is, even in a transient mode. This allows to significantly saving resources of the control system.

### Literature

1. Кунцевич В. М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации. – Київ: Наук. думка, 2016. – 261 с.

2. Житецкий Л. С., Скурихин В. И. Адаптивные системы управления с параметрическими и непараметрическими неопределенностями. – Київ: Наук. думка, 2010. – 301 с.

3. Кулик А. С. Рациональное управление работоспособностью автономных летательных аппаратов. // Международный научно-технический журнал. Проблемы управления и информатики. – 2017. Часть 1. №3 – с. 25 – 30, часть 2. с. 87 – 104.

4. Kulik A. S. Rational Intellectualization of the Aircraft Control: Resources-Saving Safety Improvement. // Green Mobile and Embedded Control Systems: Power Consumption, Security and Safety Issues. Springer, Germany, 2017. – P. 173-190.

**METHODICAL APPROACH TO EVALUATION OF TECHNICAL  
AND TECHNOLOGICAL FEASIBILITY OF VARIANTS FOR  
AIRCRAFT MODERNIZATION**

O.E. Mavrenkov, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher O.V.  
Karpenko  
*State Research Institute of Aviation*

The main direction of the development of military aviation of Ukraine in the long-term perspective, as well as in the vast majority of countries of the world, is the modernization of existing aviation fleet.

The analysis of the results of partial modernization of the military aircraft of Ukraine shows that the such projects implementation were mainly accompanied by exceeding the established resource indicators, over-spending of financial resources and, in a particular case, failure to reach the increasing of expected military-technical level of aircraft. The experience of implementing complex scientific and technical projects demonstrates, that it is connected, including, with the lack of evaluation of projects of modernization on the indicator of their feasibility.

The analysis of scientific works devoted to the subject of quantitative assessment of the feasibility of complex scientific and technical projects, including in the field of the creation (modernization) of arms and military equipment, shows that the relevant methods are based, as a rule, on heuristic approaches. Very often such an assessment is generally ignored, which does not exclude the adoption of false decisions and may lead to unreasonable over-spending of financial and time resources. Thus, the development of formalized methods and models for assessing the feasibility of scientific and technical projects is an actual scientific and applied task.

The authors consider the task of determining the technical and technological feasibility of the project (variant) of modernizing the combat aircraft based on the assessment of the risk of integrating (complexing) new equipment at different levels of the degree of integration of the modernized aircraft as a complex technical system.

At the same time, the risk of integrating new units into the regular on-board systems is proposed to be determined through technical and technological complexity of these nodes, which is conditioned by the relative number of implemented functional links and the number of components (nodes) in the node.

As an indicator of the risk of integration new nodes it is proposed to use the probability of its occurrence. The calculation of the probability of the

occurrence of the risk of integration of new nodes is proposed to be based on the synthesis of scientific and methodological apparatuses of the theory of risks and fuzzy logic that allows estimating the probability parameter of a certain event under uncertainty conditions in the absence of sufficient statistical information and the impossibility of formalizing (modeling) the stochastic processes under investigation.

### **Sources:**

1. Large technical systems: design and management / L.M. Artyushin, Y.K. Ziatdinov, I.A. Popov, A.V. Kharchenko / Ed. I.A. Popov. –Kharkiv: Fact, 1997.– 400 p.

2. Mavrenkov O.E. Multicriteria optimization in the choice of rational versions of modernization of military aircraft / Mavrenkov O.E., Ulizko VI // Scientific works DNDIA. – K., 2006. - Rel.9. - p.160 – 165

УДК 623.618

## **APPROACH TO MODELING OF TRANSMISSION PROCESS AND PROCESSING OF INFORMATION IN THE MANAGEMENT SYSTEM OF ROCKET FORCES AND ARTILLERY**

I.D. Volkov, I.V. Pasko

*Missile Forces and Artillery Research Center, Ukraine*

The basis of the functioning of any automated control system (ACS) are the processes of transmission and processing of information, known as the information process. Considering it from the point of view of purpose, it is possible to single out the main phases of information conversion into the ACS, such as collection, registration, preparation, transmission, storage, processing, display of information. These phases of information transformation are implemented on the basis of individual functional subsystems of the technical support of the ACS. The following can be distinguished: subsystem of preparation and registration of information, subsystem of collection and transmission of information, subsystem of preservation and processing of information. The most complicated is the information process in the administrative system of the ACS, which includes the ACS missile forces and artillery [1].

In the information process it is necessary to ensure [2]:

- the coherence of the intensity of the processing of information with the intensity of its receipt;
- equability of operators and hardware loading;

- solving tasks in a term that does not exceed the critical one;
- compatibility and consistency of the work of the hardware of the ACS, etc.

In the process of creating an automated control system, a hardware design is required. The development of the latter provides the necessary characteristics of these tools, a choice of different options for building the appropriate complexes based on the use of models and criteria for assessing the effectiveness [3].

The study of the process of hardware and software functioning and the definition of requirements for their elements requires the use of models. The elements of the system are so diverse that it is inappropriate to create a universal model of elements that are used in all parts of the control system. It suffices to have a set of models that, for the sake of ease of use, should be designed as separate modules. The main types of models that can be used during the study of information processes in the ACS are:

- single-phase, single-channel with failures, with expectations and mixed type;
- single-phase, multichannel with failures, with expectations and mixed-type;
- multiphase, multichannel with expectation and mixed type;
- multiphase, multichannel with closed information streams, etc.

At the stage of creating a basic version of the requirements and basic structure of the ACS, it is most appropriate to apply mathematical models, each of which is a queuing system and is characterized by an input stream of requests, a mechanism and discipline for their service. To model the processes of information transmission and processing (research of information processes) in the automated control system, it is advisable to use the mathematical apparatus of queuing theory, network methods, graph theory and methods of mathematical modeling.

### **Literature**

1. Zadera V.P., Vertegel S.G. To the issue of creation of the Unified Automated Control System of the Armed Forces of Ukraine // Science and Defense. – 2001. – № 2. p. 36-38.

2. Modin A.A. Basics of design and development of ACS / A.A. Modin. – Moscow: Nauka, 1981. – 279 p.

3. Maksimenko A.V. Fundamentals of designing information-computing systems and networks / A.V. Maksimenko, M.L. Seleznev. – Moscow: Radio and Communication, 1991. – 320 p.

## МОДЕЛЮВАННЯ КОНТУРА СТАБІЛІЗАЦІЇ КУТА НАХИЛУ КВАДРОКОПТЕРА

О.Л. Шаповалов, Ю.О. Денисов, О.О. Бурсала.

*Державний науково-дослідний інститут випробувань та сертифікації озброєння та військової техніки.*

Сучасні системи керування польотом безпілотного літального апарату (БПЛА), виконаного за схемою квадрокоптера, як показав проведений аналіз, в основному виконуються за одноконтурними схемами зі зворотнім зв'язком по куту нахилу [1]. Сигнал похибки в таких системах обробляється пропорційно-інтегральними або пропорційно-інтегро-диференціальними регуляторами за критеріями швидкодії та перерегулювання, яке не повинно перевищувати десяти відсотків.

Параметри налаштування таких регуляторів підбираються експериментально за відповідними програмами [2]. В існуючих системах керування польотом квадрокоптерів не вирішено питання оптимізації процесу використання енергетичного ресурсу бортового акумулятора, який є обмеженим. Пропонуються трьохконтурні системи управління польотом квадрокоптерів замість одноконтурних (рис.1).

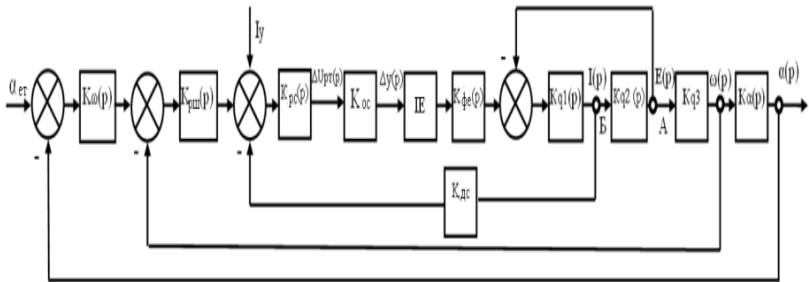


Рис. 1

Система складається з трьох контурів. Внутрішній контур струму підпорядкований контуру швидкості, який, в свою чергу, підпорядкований головному контуру кута нахилу.

Головний контур відпрацьовує помилку по куту нахилу за результатами вимірювання відхилення його поточного значення від еталонного кута  $\alpha_{ет}$ .

Внутрішній контур струму визначає темп і характер процесу наростання струму, здійснює його обмеження на рівні струмової уставки  $I_y$ ,



що призводить до економного витрачання енергоресурсу акумулятора. До контуру струму включений пропорційно інтегральний регулятор струму. Внутрішній контур струму оптимізує процес енергоживлення безконтактних двигунів постійного струму, що обертатиме гвинти квадрокоптера.

Другий внутрішній контур системи контролює швидкість електродвигунів. В його складі передбачається наявність регулятора, який дозволяє отримати процес регулювання кінцевої тривалості без перерегулювання. Синтез цифрового регулятора контуру кута нахилу квадрокоптера за означеними критеріями дозволив отримати його модель у вигляді рекурсивного цифрового фільтру з нескінченною пам'яттю.

Як показали розрахунки та проведені моделювання, процес стабілізації кута нахилу квадрокоптеру можна завершити без перерегулювання за три періоди напруги на виході автономного інвертора, що живить безколекторний двигун постійного струму.

### **Література**

1. Разработка систем автоматического управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного тока / К.Е. Шилов – М.: Труды МФТИ, 2014, том 6, № 4 – с. 139-151.

2. Оптимізація енергодинамічних процесів у системі керування приводом стабілізації польоту безпілотного літального апарату / Ю.О. Денисов та ін. / Технічні науки та технології: зб. наук. праць Чернігівського нац. технологічного ун-ту. - 2018 - №3(13). - с.187-193.

УДК 629.374.

### **МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА КОНТУРУ СТРУМУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ КВАДРОКОПТЕРА**

О.Л. Шаповалов, Ю.О. Денисов, О.О. Бурсала

*Державний науково-дослідний інститут випробувань та сертифікації озброєння та військової техніки.*

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) з чотирма електроприводами гвинтів (квадрокоптери) широко застосовуються як в народному господарстві, так і в спеціальних галузях [1]. Головний недолік квадрокоптеру пов'язаний з обмеженою ємністю бортового акумулятора, що обмежує час його польоту. Час польоту можна збільшити за рахунок економного витрачання існуючого енергоресурсу, що досягається за рахунок зниження втрат в системах електроприводів гвинтів квадрокоптеру.

Досягнення цієї мети можливе не тільки за рахунок якості комплектуючих елементів, але й значною мірою – за рахунок якості процесів формування струму електродвигунів [2].

На борту квадрокоптеру використовуються безколекторні двигуни постійного струму (БДПС), які керуються за допомогою автономних інверторів напруги (АІН) [3]. Таким чином, постійний темп напруги струму, споживаного від акумулятора, можна забезпечити, якщо некомпенсована постійна контуру струму дорівнюватиме періоду частоти вихідної напруги АІН. Це можливо здійснити за допомогою цифрового рекурсивного фільтра з нескінченною імпульсною характеристикою, структурна схема якого представлена на рис. 1.

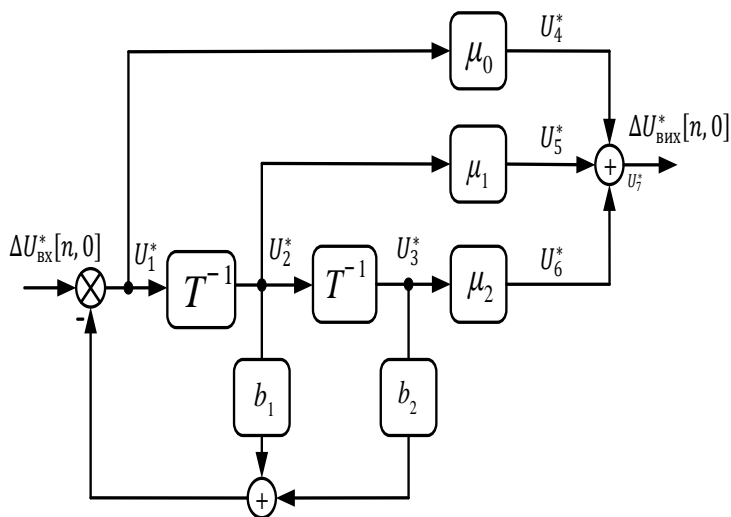


Рис.1

Схему регулятора контуру струму можна реалізувати на цифровій елементній базі або ж програмно. Вона включає в себе два елементи затримки – кожен на період комутації АІН, п'ять підсилювачів, три суматора і елемент, що віднімає.

Запропоновані рішення дозволяють, за попередньою оцінкою, збільшити час польоту квадрокоптеру на (4-6)%. В даний час вони впроваджуються в розроблюваній системі стабілізації польоту квадрокоптеру.

## Література

1. Разработка систем автоматического управления беспилотным летательным аппаратом мультиторного тока / К.Е. Шилов – М.: Труды МФТИ, 2014, том 6, № 4 – с. 139-151.

2. Оптимізація енергодинамічних процесів у системі керування приводом стабілізації польоту безпілотного літального апарату / Ю.О. Денисов та ін. / Технічні науки та технології: зб. наук. праць Чернігівського нац. технологічного ун-ту. - 2018 - №3(13). - с.187-193.

3. А.И. Денисов, В.М. Зволинский, Ю.В. Руденко Вентильные преобразователи в системах точной стабилизации. - Киев: Наукова думка, 1997. – 250с.

УДК 681.5

## **ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТУ МУЛЬТИКОПТЕРА**

Д.М. Крицький, В.М. Овсяннік, О.К. Погудіна, В.В. Шевель, Є.А. Дружинін

*Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», Україна*

Є низка переваг по використанню безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [1]. По-перше, легкі БПЛА вимагають набагато менше ресурсів ніж пілотовані літаки для виконання однакових завдань, тому що пілотовані літаки потрібно оснащувати системами життєзабезпечення, захисту, кондиціонування і т. д. Також присутня необхідність попередньої підготовки пілотів, що є досить коштовним завданням [2]. З цього виходить, що відсутність екіпажу на борту істотно знижує витрати на виконання того чи іншого завдання і підвищує корисне навантаження БПЛА. По-друге, пілотовані літальні апарати (ЛА) поступаються безпілотним в обсязі споживаного палива. По-третє, на відміну від пілотованих літаків, більшість безпілотних літальних апаратів не потребують аеродромів з високоякісним бетонним покриттям. Більшість аеродромів потребують ремонту, а його темпи сьогодні не дозволяють стежити за придатністю всіх злітно-посадкових смуг [3]. По-четверте, виключення людського фактору при виконанні поставленого завдання так само є істотною перевагою використання безпілотної літальної техніки.

Одним з головних питань при знищенні техніки супротивника є її виявлення з подальшим супроводом. До складу сучасних зенітних ракетних комплексів (ЗРК) більшості типів входять радіолокаційні станції виявлення з різними характеристиками. Ймовірність виявлення повітряної цілі залежить від деяких параметрів, перш за все від її ефективної

площі розсіювання (ЕПР). Порівняно великі БПЛА відрізняються більшою ЕПР, що полегшує їх виявлення. У випадку з малогабаритними апаратами, в тому числі побудованими з широким використанням пластиків, ЕПР зменшується, а завдання виявлення серйозно ускладнюється [4].

Однак при створенні перспективних засобів протиповітряної оборони вживаються заходи, спрямовані на підвищення характеристик виявлення цілей. Такий розвиток призводить до розширення діапазонів ЕПР і швидкостей цілей, при яких вона може бути виявлена і взята на супровід [5]. Останні вітчизняні та зарубіжні ЗРК і інші системи проти повітряної оборони (ППО) отримують можливість боротьби не тільки з великими цілями у вигляді пілотованих літальних апаратів, а й з БПЛА. В останні роки ця якість стала обов'язковою для нових систем, і тому завжди згадується в рекламних матеріалах до перспективних зразків БПЛА.

Після виявлення потенційно небезпечної мети слід провести її упізнання і визначити, який об'єкт увійшов в повітряний простір [6]. Правильне рішення такого завдання дозволить визначити необхідність атаки, а також встановити характеристики цілі, необхідні для вибору правильного засоби ураження. У ряді випадків правильний вибір засобу ураження може бути пов'язаний не тільки із зайвою витратою невідповідних боєприпасів, а й з негативними наслідками тактичного характеру.

Після успішного виявлення і розпізнавання ворожої техніки комплекс ППО повинен виконувати атаку і знищувати її. Для цього слід використовувати озброєння, відповідне типу виявленої цілі. Наприклад, великі БПЛА розвідувального або ударного призначення, що знаходяться на великій висоті, слід вражати за допомогою зенітних ракет. У випадку з мало-висотними і низько-швидкісними апаратами легкого класу має сенс використовувати ствольне озброєння з відповідними боєприпасами. Зокрема, великий потенціал у справі боротьби з БПЛА мають артилерійські системи з керованим віддаленим підривом [7].

**Алгоритм формування траєкторії польоту перехоплювача.** У процесі визначення траєкторії перехоплювача був застосований метод наведення за принципом «кривої погоні». Даний метод був обраний через свою порівняльну простоту реалізації, а так само через можливість застосування при роботі не тільки в системі наведення самонавідних ракет, а й з безпілотною літальною технікою [8].

Метод наведення за принципом «кривої погоні» нагадує гонитву собаки за зайцем, тому в літературі можна зустріти й іншу назву цього методу - наведення по кривій переслідування або по «собачій кривій» [9].

При цьому методі слід мати на увазі два можливі випадки: переслідування цілі, що віддаляється (на попутних курсах, рис. 1, а) і переслідування цілі, що наближається (рис. 1, б). У першому випадку (рис. 1, а), якщо ЛА має достатню дальність польоту і швидкість більшу, ніж швидкість цілі, вона може вразити ціль. У другому випадку (рис. 1, б) в міру наближення ЛА до цілі різко зростає швидкість повороту. Таке навантаження не в змозі витримати корпус БПЛА. Але в дійсності керуюча сила, створювана кермом напрямку, може зростати тільки до певного значення. Отже, може наступити такий момент, коли кермо ЛА відхилиться до упору, але величина виникаюча при цьому максимальної керуючої сили виявиться недостатньою для необхідної зміни напрямку руху.

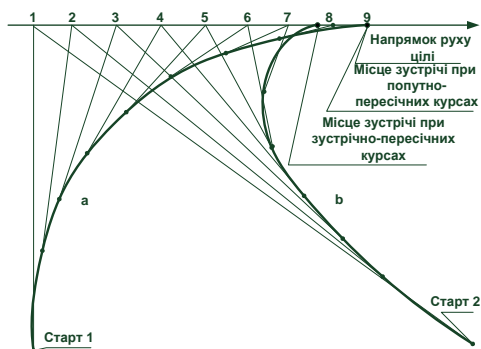


Рисунок 1 – Криві погоні за попутно- і зустрічно-пересічними курсами

Починаючи з цього моменту ЛА стане рухатися по колу мінімального радіуса, яке відповідає граничній керуючій силі. Наведення припиниться, оскільки ЛА не встигатиме розгортатися за цілью. Ціль через деякий час вийде з поля зору координатора, після чого наведення стає неможливим [10].

На рисунку 2 показана загальна файлова архітектура системи «Interception UAV Simulation», що було розроблено в роботі.

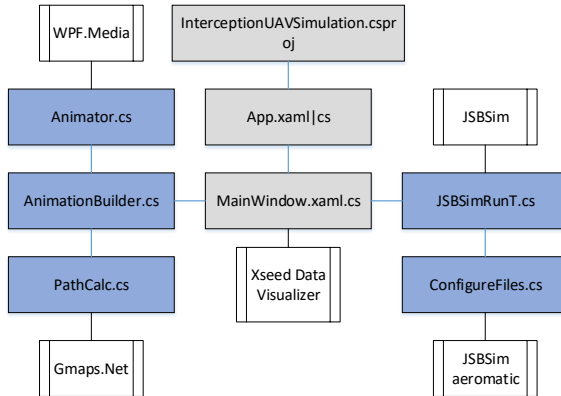


Рисунок 2 – Файлова структура програмного забезпечення

Висновки. В роботі була створена програмна система, що виконує побудову маршруту польоту цілі, розрахунок траєкторії польоту цілі, розрахунок кривої польоту перехоплювача за методом кривої погоні, побудована анімована модель процесу перехоплення цілі.

Розроблена система використовує програму імітаційного моделювання динаміки польоту JSBSim, модуль генерації графічних звітів XSeed, який використовується в процесі генерації графіків зміни характеристик БПЛА в процесі польоту, підсистему цілевказівки географічних точок на карті світу GMaps.Net, а також основний програмний продукт, який представляє з себе WPF додаток, що з'єднає весь набір модулів в єдину систему.

Розроблена програмна система допоможе дослідникам, розробникам та експлуатантам БПЛА визначити оптимальні геометричні та аеродинамічні параметри ЛА, необхідні для досягнення поставлених цілей і виконання завдань, а також визначити можливу траєкторію перехоплення цілі.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що проведена робота допоможе в розробці алгоритмів автоматичного управління БПЛА-перехоплювача.

## Література

1. Kritskiy, D., Karatanov, A., Koba, S., & Druzhinin, E. (2018). Increasing the reliability of drones due to the use of quaternions in motion. 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT).

2. How to destroy a drone. <http://www.popmech.ru/weapon/15671-kak-ubit-bespilotnik/>
3. How to shoot down a drone. <http://blog.i.ua/user/1767616/1903344/>.
4. Organization of the system to combat small-sized UAVs. <http://arsenalotechestva.ru/article/389-antidrone>.
5. Detection and counteraction to drones. <http://robotrends.ru/robopeedia/obnaruzhenie-iprotivodyaystvie-bespilotnikam>.
6. Modern drones in detail. <http://voprosik.net/sovremennye-bespilotniki-podrobno/>.
7. Old and new ways of dealing with unmanned vehicles. <https://topwar.ru/37629-starye-inovye-sposoby-borby-s-bespilotnymi-apparatami.html>
8. UAV battle. <https://defence-ua.com/index.php/statti/1235>
9. Ways of dealing with unmanned aerial vehicles. <http://army-news.ru/2013/12/sposobyborby-s-bespilotnymi-apparatami/>
10. The system of fast detection and suppression of UAVs. <http://www.secnews.ru/foreign/22180.htm#axzz4Xin3eaWY>

## **МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ СБЛИЖЕНИЯ (СТОЛКНОВЕНИЯ) ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ОСНОВЕ СИТУАЦИОННОГО АНАЛИЗА И МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА**

А.И. Тимочко, С.А. Олизаренко, А.В. Самокиш

*Харьковский национальный университет Воздушных Сил, Украина*

Пропуск действия или неадекватное выполнение действий относятся к самым распространенным причинам авиационных происшествий при пересечении маршрутов движения воздушных судов (ВС). В связи с этим возникает необходимость автоматического контроля безопасности их сближения. В связи с этим возникает необходимость автоматического контроля безопасности их сближения.

Пусть заданы классы на множестве решений и распознаваемых ситуаций, и установлено однозначное соответствие между такими классами.

Для распознавания опасных ситуаций во время движения ВС в воздушном пространстве необходимо построить совокупность моделей, отражающих процесс оценки обстановки командиром экипажа при определении риска столкновения.



Рисунок 1 - Общая структура и содержание метода представления знаний о задаче обнаружения опасных ситуаций во время полета ВС  
Метод включает следующие основные этапы (рис. 1):

- обоснование и выбор априорных данных, построение начальных моделей;
- формализация описаний ситуаций, возникающих при движении судна, устранение неопределенностей;
- разработка методов представления знаний и манипулирования ими;
- моделирование и оценка качества решения задачи распознавания ситуаций.

Сформулируем математическую постановку задачи распознавания.

Для ВС, выполняющего полет по маршруту в воздушном пространстве, существует целевая функция  $F$ , которую он реализует в процессе эксплуатации. Соответственно цель ВС  $C_{prod}$  заключается в получении максимальной экономической эффективности при условии обеспечения безопасности полета.

$$C_{prod} = F[(E \rightarrow \max E) / (P_{бз} > P_{нз})], \quad (1)$$

где  $E$  - экономическая эффективность;  $P_{бз}$  - вероятность полета без столкновений;  $P_{нз}$  - вероятность наступления ситуации опасного сближения.

При наличии в воздушном пространстве других ВС возникает ситуация опасного сближения. Поэтому при возникновении ситуации опасного сближения  $C_{prod}$  изменяется на  $C_{sav}$ :

$$C_{prod} \rightarrow C_{sav} = F[(P_{нз} \rightarrow P_{бз}) / (E \rightarrow \max E)] \quad (2)$$



Поскольку цель ВС  $C_{sav}$  возникает при появлении в ВС, поэтому возникает категория ситуации. Каждая ситуация характеризуется значениями некоторых признаков  $s_i \in S$  [1]:

$$s_i = S\{D_{ij}, P_{ij}, V_i, V_j, K_i, K_j, W, h_i, h_j\}, \quad (3)$$

где  $D_{ij}$  - дистанция между ВС;  $P_{ij}$  - пеленг на ВС-потенциальную угрозу;  $V_i, V_j$  - скорость ВС;  $K_i, K_j$  - курс ВС;  $W$  - видимость;  $h_i, h_j$  - высота ВС;

Множество ситуаций  $S$  делится на подмножество недопустимых значений  $S_{coll}$ , попадание в которую приводит к высокой вероятности столкновения и подмножество безопасных позиций  $S_{saf}$ . Также существует подмножество ситуаций опасного сближения  $S_{den}$ , движение в которой приводит к опасному сближению с одним или несколькими ВС.

Представляя движение судна совокупностью ситуаций в которых оно находится, необходимо учитывать набор признаков. Задача распознавания может быть представлена как определение совокупности ситуаций в которых находится судно в процессе судовождения. Но часто важна не сама совокупность наблюдаемых ситуаций, а их последовательность. То есть, результат распознавания определяется предысторией и возможными последующими маневрами судов. Разделим область вокруг ВС на отдельные зоны рис 2. А именно:  $Z_{dis}$  - зона столкновения,  $Z_{res}$  - зона опасного сближения,  $Z_{mov}$  - зона маневра,  $Z_{sec}$  - зона повышенного внимания.

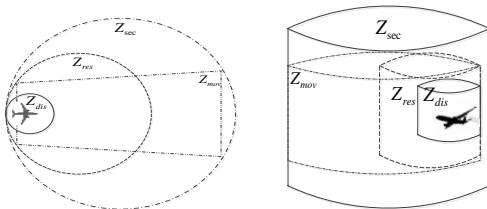


Рисунок 3 – Пространственное представление границ зон предупреждения столкновения

Используя математический аппарат нечетких множеств и нечеткой логики, а также параметры, которые описывают ситуации при движении ВС можно создать математическую модель для описания ситуаций  $S_{saf}, S_{den}, S_{coll}$ :

- ситуация штатная:

$$\left( \{X_j^n, Y_j^n\} \subset Z_{sec}^i \right) \cap (V_j^n \subset \Delta V_{omu}^{ij}) \cap (q_j^n \subset \Delta K_{omu}^{ij}) \cap (h_j^n \subset h_{sev}^{ij}) \cap (w \subset W_g) \Rightarrow S_{saf} \quad (4)$$

- ситуация ( $S_{den}$ ) для  $j=20$  ВС формируется множеством состоя-

ний: 
$$\left. \begin{aligned} & \left( \left( \{X_j^n, Y_j^n\} \subset Z_{sec}^i \right) \cap \left( \{X_j^{n+m}, Y_j^{n+m}\} \subset Z_{res}^i \right) \cap \left( \{X_i^{n+m}, Y_i^{n+m}\} \subset Z_{mov}^i \right) \cap \right. \\ & \left. \left( w \subset W_g \right) \right) \cup \\ & \left( \left( \{X_j^n, Y_j^n\} \subset Z_{sec}^i \right) \cap \left( \{X_j^{n+m}, Y_j^{n+m}\} \subset Z_{res}^i \right) \cap \left( \{X_i^{n+m}, Y_i^{n+m}\} \subset Z_{mov}^i \right) \right) \cup \\ & \left( \left( \{X_j^n, Y_j^n\} \subset Z_{sec}^i \right) \cap \left( \{X_j^{n+m}, Y_j^{n+m}\} \subset Z_{res}^i \right) \cap \left( \{X_i^{n+m}, Y_i^{n+m}\} \subset Z_{mov}^i \right) \right) \cup \\ & \left( V_j^n \subset V_{aidu}^{ij} \right) \cap \left( q_j^n \subset K_{aidu}^{ij} \right) \cap \left( h_j^n \subset \bar{h}_s^{ij} \right) \\ & \vdots \\ & \left( \{X_j^n, Y_j^n\} \subset Z_{sec}^i \right) \cap \left( V_j^n \subset V_{aidu}^{ij} \right) \cap \\ & \left( q_j^n \subset K_{aidu}^{ij} \right) \cap \left( h_j^n \subset \bar{h}_s^{ij} \right) \end{aligned} \right\} \Rightarrow S_{res} \quad (5)$$

Ситуация ( $S_{coll}$ ) для  $j=20$  судна настает після ситуації ( $S_{den}$ ), тому для її визначення розглянемо лише навігаційні параметри:

$$\left. \begin{aligned} & \left( \left( \{X_j^n, Y_j^n\} \subset Z_{res}^i \right) \cap \left( \{X_j^{n+m}, Y_j^{n+m}\} \subset Z_{ds}^i \right) \cap \right. \\ & \left. \left( \{X_i^{n+m}, Y_i^{n+m}\} \notin Z_{mov}^i \right) \cap \left( q_j^n \subset \Delta K_{coll}^{ij} \right) \right) \cup \\ & \left( \left( \{X_j^n, Y_j^n\} \subset Z_{res}^i \right) \cap \left( \{X_j^{n+m}, Y_j^{n+m}\} \subset Z_{ds}^i \right) \cap \right. \\ & \left. \left( V_j^n \subset \Delta V_{coll}^{ij} \right) \cap \left( q_j^n \subset \Delta K_{coll}^{ij} \right) \right) \cup \dots \cup \\ & \left( \left( \{X_j^n, Y_j^n\} \subset Z_{res}^i \right) \cap \left( \{X_j^{n+m}, Y_j^{n+m}\} \subset Z_{ds}^i \right) \cap \left( \{X_i^{n+m}, Y_i^{n+m}\} \subset Z_{mov}^i \right) \cap \right. \\ & \left. \left( V_j^n \subset \Delta V_{coll}^{ij} \right) \cap \left( q_j^n \subset \Delta K_{coll}^{ij} \right) \cap \left( h_j^n \subset \Delta h_{coll}^{ij} \right) \right) \end{aligned} \right\} \Rightarrow S_{coll}; \quad (6)$$

Аналогичным образом для данных ситуаций строятся логико-лингвистические описания. На основании полученных выражений разработан метод оценки опасной ситуации сближения (столкновения) ВС рис. 4

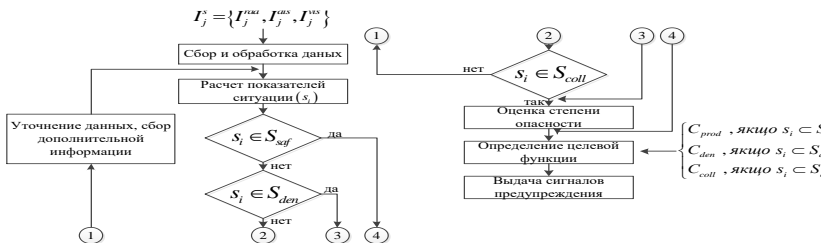


Рисунок 4- Метод распознавания опасных ситуаций сближения (столкновения) ВС

Данный метод ситуационного анализа при возникновении опасной ситуации сближения (столкновения) ВС, позволяет представить, обработку знаний в задаче обнаружения опасных ситуаций при управлении ВС. Их реализация предполагает решение расчетных и логико-аналитических задач с использованием методов нечеткой логики. Данный метод позволяет решить задачу адаптивного управления, и повысить оперативность и обоснованность оценки обстановки.

### **Литература**

1. Проблемы предотвращения столкновения гражданских воздушных судов в управляемом полёте / Воробьев В. В., Мозоляко Е. В. // Научный вестник МГТУ ГА. — 2012. — № 183 — С. 109 — 113.

2. Нечеткий логический вывод и нечеткий метод анализа иерархий в системах поддержки принятия решений: приложение к оценке надежности технических систем / Мухаметзянов И.З. // Кибернетика и программирование. — 2017. — № 2. — С. 59 — 77.

УДК 623.094

## **ВИМОГИ КОНСТРУКТИВНОЇ, ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ РАКЕТ**

**С.Є.БОЙЧУН**

*Державне Підприємство Конструкторське Бюро «Південне» імені М.К. Янгеля*

**С.В.ЛАПИЦЬКИЙ**

**С.В.СУС**

**О.Б.ПОПКОВ**

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України*

На теперішній час в Україні здійснюється адаптація системи розробки та постановки на виробництво (СРПВ) озброєння та військової техніки (ОВТ) до вимог міжнародних стандартів, тому особлива увага у підприємствах - розробниках оборонної продукції приділяється оцінці якості конструкторських рішень, що приймаються й досконалості процесу розробки технічного об'єкта, в тому числі й балістичних ракет. Якісна оцінка рішень, що приймаються, можлива при якісно оціненому

та структурованому минулому досвіді конструктора. Формується потреба у створенні інструменту якісної оцінки досконалості технічного об'єкту.

Талант конструктора повинен проявлятися в умінні раціонально поєднувати під час розробки виробу вимоги споживача до конструкції з можливостями виробничо-технологічної бази, що визначає рівень цільової віддачі об'єкта. На рис. 1 показана спрощена схема еволюційного розвитку технічного об'єкта під впливом суб'єкта. Цільова віддача технічного об'єкта забезпечує його технічний рівень. Тому основна вимога до балістичної ракети та її конструкції полягає в тому, щоб при проектуванні й виробництві забезпечити максимально високий рівень технічної досконалості. Ця вимога є сукупністю вимог конструктивної, виробничо-технологічної та експлуатаційної досконалості. Конструктивну досконалість - одна з найбільш представницьких узагальнених характеристик балістичної ракети, що характеризує масову, аеродинамічну, енергетичну та екологічну досконалість. Цим поняттям визначають сукупність властивостей і характеристик, притаманних безпосередньо балістичній ракеті. Вважається, що конструктивна досконалість мало залежить від технології виробництва та умов експлуатації. Виробничо-технологічна досконалість забезпечує досягнення найбільш високих виробничих показників. Експлуатаційна досконалість відображає пристосованість балістичної ракети до процесу експлуатації. Специфічною рисою технічного рівня є його відносний характер. Наприклад, масове, аеродинамічне, енергетичне вдосконалення (елементи конструктивної досконалості) визначаються областю раціонального застосування турбонасосної системи й витіснювальної системи подачі палива (ВСПП). У малих ракет з ВСПП товщина стінок баків не буде великою, а іноді й порівнянна з товщиною стінки бака ракет з турбонасосною системою подачі палива, тому найбільш зручними і оперативними в застосуванні будуть ракети тактичного призначення середньої і малої дальності з ВСПП. Крім цього, при роботі двигунної установки (ДУ) на великих висотах з малими тисками в камері, близько 0,5 МПа [5], необхідно раціональніше застосовувати витіснювальну систему подачі. При цьому, звичайно, зростають габарити камери згоряння, але при низькому тиску в камері згоряння (КЗ) масові характеристики в цілому залишаються досить хорошими. Прикладом використання ВСПП на ракеті - носії є американська велика одноразова ракета-носій ВА-1, яка призначена, в тому числі, для запуску супутників. В якості одного з критеріїв визначення типу системи подачі використовують значення імпульсу тяги. Імпульс тяги одночасно враховує і величину тяги, й час роботи двигуна. Залежно

від величини тяги та часу роботи застосовують для ЖРД або витіснювальну, або турбонасону систему подачі палива. Для оцінки технічної досконалості технічного об'єкта необхідно мати базу для порівняння у вигляді узагальненого науково-технічного досвіду. Розраховані характеристики балістичної ракети є показниками конструктивного досконалості. Отже, з'являється можливість оцінити конструктивну досконалість розроблених ракет через ідентифікацію конструктивних параметрів і відповідних їм характеристик і показників. Спочатку для оцінки якості конструктивної досконалості необхідно класифікувати параметри за ступенем впливу на них конструктора. На першому рівні повинні бути властивості (параметри), що визначають здатність конструкції виконувати цільову функцію (необхідні й такі, що практично не залежать від впливу конструктора). Відповідно до цільової функції балістичної ракети, показниками першого рівня є дальність польоту і маса корисного навантаження. Вони, природно, незалежні від рішення конструктора. До параметрів першого рівня будуть ставитися і сильно формалізовані параметри. Завдання конструктора вибрати параметри, що залишилися таким чином, щоб об'єкт виконував свою цільову функцію. Параметрами другого рівня (сильно залежним від рішення конструктора) є тип двигуна (форма КЗ і сопла, тип форсунок), тип конструкційного матеріалу виробу, конструктивно-компонувальна схема та її елементи, тип палива (високо киплячі або низько киплячі), вагове співвідношення компонентів палива, діаметр міделевого перетину, статистичні коефіцієнти. Їх значення в значній мірі знаходяться у залежності від компетенції конструктора й технологічних можливостей виробника. Параметрами третього рівня (слабо залежними від рішення конструктора) є похідні від параметрів другого рівня. Це тиск в камері згоряння, тяга, витрата палива, необхідний питомий імпульс двигуна, що залежать від типу палива і типу двигуна; маса конструкції, що залежить від типу конструкційного матеріалу деталей, агрегатів, відсіків, конструктивно-компонувальної схеми; довжина ракети, що залежить від типу палива, конструкційний матеріал виробу; характеристики аеродинаміки й балістики. Параметри третього рівня мають діапазони, що обмежуються або тактико-технічними вимогами (ТТВ) технічного завдання, або рекомендаціями досвідчених конструкторів. Таким чином, конструктивні параметри структурних елементів розділені, в залежності від ступеня впливу конструктора, на три рівні: 1) незалежні; 2) сильно-; 3) слабо залежать від рішення конструктора. В області другої групи параметрів конструктор має найширше поле діяльності. У свою чергу, поєднання параметрів третьої групи визначає основні характеристики балістичної

ракети, тобто здатність виконувати нею цільову функцію. Для підвищення ефективності процесу прийняття оптимального конструкторського рішення розробляються класифікації структурних елементів. Всі елементи функціонального масового зведення розбивають на три групи: перша - елементи, маса яких залежить тільки від зміни робочого запасу палива; друга - елементи, маса яких залежить тільки від тяги двигунів; третя - елементи, маса яких практично не залежить від зміни основних проектних параметрів. Найбільш простим прийомом є спосіб, при якому виділяють групу елементів, що залежить від тяги двигуна, а масу, що залишилася вважають такою, що залежить тільки від робочого запасу палива. Перша частина маси конструкції забезпечує виконання цільового призначення балістичної ракети, це необхідна маса. Друга частина маси обумовлена технологічними й економічними міркуваннями. Наприклад, якась деталь балістичної ракети робиться міцніше, ніж це потрібно для забезпечення безпеки й надійності польоту, так як для її виготовлення застосований матеріал стандартної товщини, або якийсь елемент конструкції виконується постійного перетину, щоб уникнути трудомісткої обробки за довжиною для отримання мінімального (необхідного за умовою міцності) змінного перерізу, або робляться роз'єми, які не будуть використовуватися при експлуатації, але введення яких спрощує та здешевлює технологічний процес. Ця частина маси є технологічним "доважком", вона може бути збільшена або зменшена при відповідному спрощенні або ускладненні конструкції. Нарешті, третю частину маси становлять дискретні конструктивні елементи, а також всілякі косинки, накладки, кріпильні деталі і т.і. Це конструктивний "доважок", який, так само як і технологічний, не є необхідним для роботи конструкції. Друга й третя частини маси становлять зайву масу. Частка зайвої маси характеризує масову (вагову) досконалість балістичної ракети, рівень відпрацювання її конструкції. Масова досконалість балістичної ракети у багато разів вище, ніж виробів в звичайному машинобудуванні, хоча характер навантаження та інші умови для балістичної ракети значно менш вигідні. Дана класифікація не дає чітких меж між елементами груп, крім групи дискретних деталей. Складно зрозуміти зміст елементів першої та другої груп. Для виконання цільового призначення однозначно необхідні двигунна установка, паливний відсік, приладовий і хвостовий відсіки, корисне навантаження, але частина елементів цих відсіків виготовляється з матеріалів стандартної величини, що надає право віднести їх до другої групи елементів. Відомо, що кожна деталь, вузол або агрегат виробу виробляється з урахуванням мінімальних витрат і вони призначені для виконання певних функцій. З розраху-

нку, за яких умов елемент повинен виконати свою функцію, конструктор визначає форму і матеріал деталі, зміст конструкції вузла або агрегату. Одночасно необхідно передбачити зручність деталі або вузла до виробництва і експлуатації. Таким чином, вибір деталі виробу ґрунтується на чотирьох умовах: розрахунок, конструктивність, пристосованість до виробництва, зручність в експлуатації. З розрахунку критичних параметрів і наявності резервів підприємства за матеріалами і закупленими деталями (з розрахунку наявності існуючої корпорації підприємств, з якими взаємодіє виробник, з урахуванням традицій КБ) конструктор повинен прийняти конструктивне рішення щодо застосування роду матеріалу, конфігурації і внутрішнього змісту елемента. Наприклад, з розрахунку визначили мінімальну (критичну) товщину стінки бака. Товщина збільшується за рахунок використання коефіцієнта запасу міцності, застосування менш міцного матеріалу стінок, або через наявність листів металу з товщиною, більше розрахункової. Другим прикладом можна привести вибір пускових клапанів або мембран прориву на трубопроводах магістралей систем наддуву баків або подачі палива в камеру згоряння. Головним критерієм вибору є витрата робочого тіла, виходячи з цього розраховуються діаметри магістралей. По діаметру трубопроводу і витраті робочого тіла вибирається тип клапана: електричний, пневматичний, піротехнічний. Для вибору варіанта конструкції застосовується морфологічний аналіз або матриця опорних варіантів. Пристосованість до виробництва - аналіз можливості реалізації обраної конструкції на конкретному виробництві. Для цього конструктор змушений застосовувати роз'ємні з'єднання, які забезпечують стиковку і розстикування окремих агрегатів та відсіків (наприклад, застосування стикових шпангоутів між відсіками). Ці сполуки не використовуватимуться в експлуатації, навпаки, вони збільшують загальну масу і перешкоджають виконанню головної цільової функції конструкції, але їх введення спростить технологічний процес.

Таким чином, визначено, що в кожному елементі балістичної ракети присутні чотири складових: розрахункова, конструктивна, технологічна та експлуатаційна, але, в залежності від виконуваної функції, одна або дві складових окремого елемента будуть домінуючими, а рішення проблеми формування інструменту якісної оцінки може бути здійснене через створення порівняльної бази даних параметрів та характеристик раніше створених зразків технічного об'єкту. Створення бази даних й розробка на її основі показників досконалості технічного об'єкту можливі після ідентифікації його параметрів й оцінки досконалості технічних рішень конструктора.

## СТРУКТУРНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ СПЕЦИФІКАЦІЙ ОБ'ЄКТІВ ЕКСПОРТНОГО КОНТРОЛЮ

О.В.ДОКУЧАЄВ

*Управління Служби Безпеки України в Харківській області*

І.Б.ЧЕПКОВ

С.В.ЛАПИЦЬКИЙ

О.В.ЗУБАРЄВ

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних Сил України*

Структура будь-якого специфікованого виробу (ГОСТ 2.101-68) відображає склад і кількість деталей й складальних одиниць, що входять до нього, їх відносини передування (ступені входження). Як показують дослідження, структура специфікованого виробу відображається графом спеціального виду, що задовольняє наступним трьома умовами: 1). Граф має корінь  $x_0$ , який не має попередніх елементів  $\Gamma^{-1}x_0 = \emptyset$  або  $|\Gamma^{-1}x_0| = 0$ ; 2). Кожен елемент графа, за винятком елементів нижнього рівня, має не менше двох елементів, наступних за ним  $|\Gamma x_j| \geq 2$ , де  $j$  - рівень графа; 3). Кожен елемент, за винятком кореня, має тільки один елемент, що передує йому  $|\Gamma^{-1}x_j| = 1, j \neq 0$ . З наведеного визначення графа слід, що його структура є ієрархічною, типу дерево.

Основний конструкторський документ будь-якого специфікованого виробу - специфікація, правила виконання якої встановлені ГОСТ 2.108-68, також має ієрархічну структуру, але таку, яка представлена в неявному вигляді. Неявний вид ієрархічної структури специфікації визначено встановленою послідовністю запису інформації про виріб: комплекти; складальні одиниці, деталі; стандартні вироби; інші вироби; матеріали; комплекси.

При такому запису відносини передування між складовими частинами виробу можуть бути визначені тільки за позначеннями цих частин. Для організації експертизи виробу як об'єкта експортного контролю його специфікацію необхідно структурно перетворити в один з основних технологічних документів - відомість складання виробу, яка за визначенням (ГОСТ 3.1102-81) має ієрархічну структуру і призначена для



вказівки складу деталей й складальних одиниць, що необхідні для складання виробу в порядку ступенів входження, їх застосовності і кількісного складу.

Метод структурного перетворення виробу полягає в наступному: оскільки вироби відрізняються за складністю виконання, причому ця складність по ЕСКД характеризується ступенями входження, ці вироби, а значить і відповідні їм специфікації можна класифікувати в такий спосіб. Нехай  $X = \{\bar{x}_k\}$  множина специфікацій.  $A_2 = \{\alpha_{2r_2}\}$  - множина класифікаційних ознак поділу векторів множини на деякі взаємозалежні структурні групи. Такими класифікаційними групами є ступені входження. Нехай  $r_2$  - кількість ступенів входження для  $k$ -го виробу номенклатури експортного контролю  $r_2 = \overline{1, \beta}$ . Тоді множина  $A_2 = \{\alpha_{2r_2}\}$  буде складатися з такої сукупності ознак поетапної класифікації множини  $X$ , що визначають складність виробів на: 0- ої ступені входження; 1-ої ступені входження; 2-ої ступені входження;  $r_2$  -ої ступені входження;  $\beta$  -ої ступені входження.

На 0-му кроці класифікації ознаці  $\alpha_{20} \in A_2$  відповідає множина  $A_{2\alpha_{20}} = \{\alpha_{20\nu}\}, \nu = 1, 2$  можливих значень цієї ознаки, при цьому: значення ознаки  $\alpha_{201} \rightarrow$  на 0-му ступені входження виріб є складальною одиницею; значення ознаки  $\alpha_{202} \rightarrow$  на 0-му ступені входження виріб є деталлю. Далі вводимо відображення множини  $A_{2\alpha_{20}}$  в множину  $X = \{\bar{x}_k\}$ :  $\forall \alpha_{20\nu} \in A_{2\alpha_{20}}$  зіставляється з деякою підмножиною  $X_{\alpha_{20\nu}}$  множини  $X$ , елементи якої володіють даним значенням ознаки  $\alpha_{20\nu}$ . В нашому випадку утворюється два підмножини  $X_{\alpha_{201}}$  і  $X_{\alpha_{202}}$ .

$$X = X_{\alpha_{201}} \cup X_{\alpha_{202}}, X_{\alpha_{201}} \cap X_{\alpha_{202}} = \emptyset.$$

На першому кроці класифікації ознаці  $\alpha_{21} \in A_2$  відповідає множина  $A_{2\alpha_{21}} = \{\alpha_{21\nu}\}, \nu = 1, 2$  можливих значень цієї ознаки, при цьому: значення ознаки  $\alpha_{211} \rightarrow$  на 1-му ступені входження виріб є складальною одиницею; значення ознаки  $\alpha_{212} \rightarrow$  на 1-му ступені входження виріб є деталлю.

Вводимо відображення множини  $A_{2\alpha_{21}}$  у множини  $X_{\alpha_{201}} = \{\bar{x}_k\}$  і  $X_{\alpha_{202}} = \{\bar{x}_k\}$ :  $\forall \alpha_{21\nu} \in A_{2\alpha_{21}}$  зіставляються чотири непересічних підмножини  $X_{\alpha_{201}\alpha_{211}}, X_{\alpha_{201}\alpha_{212}}, X_{\alpha_{202}\alpha_{211}}, X_{\alpha_{202}\alpha_{212}}$ . Дві останніх підмножини порожні, тобто:  $X_{\alpha_{202}\alpha_{211}} = \emptyset$  і  $X_{\alpha_{202}\alpha_{212}} = \emptyset$ ,

$X_{\alpha_{201}} = X_{\alpha_{201}\alpha_{211}} \cup X_{\alpha_{201}\alpha_{212}}, X_{\alpha_{201}\alpha_{211}} \cap X_{\alpha_{201}\alpha_{212}} = \emptyset$ . На другому кроці класифікації ознаці  $\alpha_{22} \in A_2$  відповідає множина  $A_{2\alpha_{22}} = \{\alpha_{22\nu}\}, \nu = 1, 2$  можливих значень цієї ознаки: значення ознаки  $\alpha_{221} \rightarrow$  на 2-му ступеню входження виріб є складальною одиницею; значення ознаки  $\alpha_{222} \rightarrow$  на 2-му ступеню входження виріб є деталлю. Вводимо відображення множини  $A_{2\alpha_{22}}$  у множини  $X_{\alpha_{201}\alpha_{211}} = \{\bar{x}_k\}$  і  $X_{\alpha_{201}\alpha_{212}} = \{\bar{y}_k\}; \forall \alpha_{22\nu} \in A_{2\alpha_{22}}$  зіставляються підмножини

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}}, X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{222}}, X_{\alpha_{201}\alpha_{212}\alpha_{221}}, X_{\alpha_{201}\alpha_{212}\alpha_{222}}.$$

Два останні з них порожні, тобто:  $X_{\alpha_{201}\alpha_{212}\alpha_{222}} = \emptyset$  і  $X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{222}} = \emptyset$ .  
 $X_{\alpha_{201}\alpha_{211}} = X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}} \cup X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{222}}, X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}} \cap X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{222}} = \emptyset$ .

На  $r_2$ -ом кроці класифікації ознаки  $\alpha_{2r2} \in A_2$  відповідає множина  $A_{2\alpha_{2r2}} = \{\alpha_{2r2\nu}\}, \nu = 1, 2$  можливих значень цієї ознаки, при цьому аналогічно: значення ознаки  $\alpha_{2r21} \rightarrow$  на  $r_2$ -ому ступеню входження виріб є складальною одиницею; значення ознаки  $\alpha_{2r22} \rightarrow$  на  $r_2$ -ому ступеню входження виріб є деталлю. Вводимо відображення множини  $A_{2\alpha_{2r2}}$  в підмножини

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)1}} = \{\bar{x}_k\}, X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)2}} = \{\bar{y}_k\}.$$

$\forall \alpha_{2r2\nu} \in A_{2\alpha_{2r2}}$  відповідають чотири підмножини:

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)1}\alpha_{2r21}}, X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)1}\alpha_{2r22}},$$

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)1}\alpha_{2r21}} = \emptyset, X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)1}\alpha_{2r22}} = \emptyset,$$

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)1}} =$$

$$= X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)1}\alpha_{2r21}} \cup X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)1}\alpha_{2r22}},$$

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)1}\alpha_{2r21}} \cap X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2(r-1)1}\alpha_{2r22}} = \emptyset.$$

Провівши аналогічні міркування на останньому  $\beta$  етапі класифікації, отримуємо:  $A_{2\alpha_{2\beta}} = \{\alpha_{2\beta\nu}\}, \nu = 1, 2$ .

$\forall \alpha_{2\beta\nu} \in A_{2\alpha_{2\beta}}$  відповідають чотири підмножини, з яких три останні пусті:

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2r21} \dots \alpha_{2(\beta-1)1}\alpha_{2\beta2}}, X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2r21} \dots \alpha_{2(\beta-1)1}\alpha_{2\beta1}} = \emptyset$$

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231} \dots \alpha_{2r21} \dots \alpha_{2(\beta-1)2}\alpha_{2\beta1}} = \emptyset,$$

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}\alpha_{231}\dots\alpha_{2r21}\dots\alpha_{2(\beta-1)\alpha_{2\beta 1}} = \emptyset.$$

Після того, як множина  $\chi$  є класифікованою описаним вище способом, здійснимо операцію вибірки з описаної вище множини  $X = \{\bar{x}_k\}$  векторів  $\bar{x}_k$ , координати яких містять вказівку на ступінь складності виробу на відповідній ступені входження. Вибираємо набір координат, що відповідають значенням реквізитів розділів: 2. Чутливі товари і технології; 3. Дуже чутливі товари і технології. На всіх класифікованих вище підмножинах множини  $X$  вводиться функція  $F_3^{r2}(x_{kr2h1}, x_{kr2h2}, x_{kr2h3})$ , де  $r2$  - ступінь входження;  $h\gamma$  - номер координати вибірки,  $\gamma = \overline{1,3}$ . Функція  $F_3^{r2}$  має вигляд:

$$F_3^{r2} = \begin{cases} \varphi_3, \text{ якщо } \dot{x}_{kr2h1} \vee \dot{x}_{kr2h2} \vee \dot{x}_{kr2h3} = 1 & \text{Причому, } \dot{x}_{kr2h\gamma} = 1, \text{ якщо} \\ 0, \text{ якщо } \dot{x}_{kr2h1} \vee \dot{x}_{kr2h2} \vee \dot{x}_{kr2h3} = 0 \end{cases}$$

$$x_{kr2h\gamma} = A_{22\gamma} \text{ і } \dot{x}_{kr2h\gamma} = 0, \text{ якщо } x_{kr2h\lambda} = 0.$$

Операцію вибірки здійснюємо поетапно (послідовно)  $\beta$  раз відповідно до кількості ступенів входження.

На 0-му етапі вибірки відповідно р функцією вибірки  $F_3^0(x_{k0h1}, x_{k0h2}, x_{k0h3})$  з множини векторів  $X = \{\bar{x}_k\}$  вибираємо підмножину векторів, координати яких відповідають ознаці  $\alpha_{201}$ :

$$X_{\alpha_{201}} = \{\bar{x}_k \in X \mid F_3^0(x_{k0h1}, x_{k0h2}, x_{k0h3})\}, X_{\alpha_{202}} = X \setminus X_{\alpha_{201}}.$$

На 1-му етапі вибірки відповідно з функцією вибірки  $F_3^1(x_{k1h1}, x_{k1h2}, x_{k1h3})$  із множини векторів  $X_{\alpha_{201}} = \{\bar{x}_k\}$  вибираємо підмножину векторів, координати яких відповідають ознаці  $\alpha_{211}$ :

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}} = \{\bar{x}_k \in X_{\alpha_{201}} \mid F_3^1(x_{k1h1}, x_{k1h2}, x_{k1h3})\}, X_{\alpha_{201}\alpha_{212}} = X_{\alpha_{201}} \setminus X_{\alpha_{201}\alpha_{211}}.$$

На 2-му етапі вибірки у відповідності з функцією вибірки  $F_3^2(x_{k2h1}, x_{k2h2}, x_{k2h3})$  із множини векторів  $X_{\alpha_{201}\alpha_{211}} = \{\bar{x}_k\}$  вибираємо підмножину векторів, координати яких відповідають ознаці  $\alpha_{221}$ :

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}} = \{\bar{x}_k \in X_{\alpha_{201}\alpha_{211}} \mid F_3^2(x_{k2h1}, x_{k2h2}, x_{k2h3})\}, X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{222}} =$$

$$= X_{\alpha_{201}\alpha_{211}} \setminus X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\alpha_{221}}$$

На  $r2$ -му етапі вибірки:

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\dots\alpha_{2(r2-1)\alpha_{2r21}} = \{\bar{x}_k \in X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\dots\alpha_{2(r2-1)1}} \mid F_3^{r2}(x_{kr2h1}, x_{kr2h2}, x_{kr2h3})\},$$

$$X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\dots\alpha_{2(r2-1)\alpha_{2r22}} = X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\dots\alpha_{2(r2-1)1}} \setminus X_{\alpha_{201}\alpha_{211}\dots\alpha_{2(r2-1)\alpha_{2r21}}.$$

На останньому  $\beta$ -му етапі вибірки в підмножині  $X_{\alpha 201\alpha 211\dots\alpha 2r(\beta-1)}$  містяться лише вектори, координати яких відповідають ознаці  $\alpha 2\beta 2$ , тобто  $X_{\alpha 201\alpha 211\dots\alpha 2r21\dots\alpha 2(\beta-1)\alpha 2\beta 1} = \{\bar{x}_k \in X_{\alpha 201\alpha 211\dots\alpha 2(\beta-1)} \mid F_3^\beta(x_{k\beta 1}, x_{k\beta 2}, x_{k\beta 3})\} = \emptyset$  - порожня множина, а  $X_{\alpha 201\alpha 211\dots\alpha 2r21\dots\alpha 2(\beta-1)\alpha 2\beta 2} = X_{\alpha 201\alpha 211\dots\alpha 2r21\dots\alpha 2(\beta-1)}$ .

Розглянутий метод опису типових операторів обробки інформаційних масивів на мові теорії множин з використанням елементів теорії функцій дійсного змінного може бути покладено в основу розробки формальної вхідної мови автоматичної обробки інформації в системах управління експортним контролем. Різні поєднання типових операторів при їх багаторазовому повторенні визначають процес вирішення будь-якої задачі управління.

Типові оператори можна розглядати як макрооператори, які генеруються з деякої сукупності мікрооператорів. Досвід обробки інформації при вирішенні завдань експортного контролю показує, що сукупність мікрооператорів може бути розділена на два класи:

- 1) конвертації даних в робочому полі оперативної пам'яті і з робочого поля оперативної пам'яті в усі види зовнішньої пам'яті;
- 2) обробки даних в робочому полі оперативної пам'яті.

Мікрооператорами першого класу є: перегляд масиву послідовно-одноразово по запису; перегляд масиву послідовно-одноразово по блоку записів; перегляд масиву послідовно-циклічно по запису; перегляд масиву послідовно-циклічно по блоку записів; довільний перегляд блоку записів по заданому номеру запису; формування масиву послідовно-одноразово по запису; формування масиву послідовно-одноразово по блоку записів; формування блоку записів по заданому номеру запису.

Мікрооператорами другого класу є: порівняння записів за заданими ознаками; формування та зміна ознак записів; вибірка записів за відповідними значеннями реквізитів записів; пересилання записів в інше робоче поле; дихотомічний пошук записів по заданих ознаках в блоці упорядкованого масиву.

Розглянуті мікрооператори двох класів і організація їх використання забезпечують обробку будь-якого заданого числа масивів з будь-якої заданої структурою їх елементів. Налаштування мікрооператорів на обробку масивів із заданою структурою елементів повинне здійснюватися за описами оброблюваних і результуючих масивів.

Отримані сукупності реквізитів є основою їх класифікації на вхідні, вихідні проміжні і суворо вихідні. Вихідні проміжні і суворо вихідні підрозділяються на обчислювані й структурно перетворені.

Алгоритми перетворення вхідних реквізитів у вихідні є типовими і реалізуються програмними комплексами.

Наведені положення встановлені авторами на основі досвіду експертизи значного числа об'єктів експортного контролю.

УДК 623.094

## **ВИХІДНІ ДАНІ ЩОДО ОЦІНКИ ІМОВІРНОСТІ УРАЖЕННЯ ОКРЕМОЇ ЦІЛІ, ЩО Є ПОЗА ЗОНОЮ СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

**О.А.МАЙСТРЕНКО**

**О.Б.ПОПКОВ**

*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової  
техніки Збройних Сил України*

**Б.О.ОЛІЯРНИК**

*Державне підприємство «Львівський державний завод “Лорта”*

**В.В.ПЕТУШКОВ**

*Командування Ракетних військ та артилерії Збройних Сил України*

До окремих цілей відносимо такі цілі як пускова установка, танк, міномет, артилерійську гармату, установку ПТРК, кулемет та ін. Окремі цілі можуть бути спостережувані і не спостережувані з наземних спостережних пунктів. При ураженні окремих спостережуваних цілей у нас є можливість коректувати стрільбу до отримання необхідного результату. При обстрілі не спостережуваних цілей така можливість виключається, тому стрільбу по не спостережуваних цілях ведуть до тих пір, поки не будуть витрачені снаряди, призначені для її ураження.

В результаті стрільби окрема не спостережувана ціль може перебувати тільки в двох станах: уражена або не уражена. Отже, при стрільбі по окремій не спостережуваній цілі величина збитку може приймати тільки два значення: збиток  $\xi=1$ , якщо ціль уражена, або  $\xi=0$ , якщо ціль не уражена. Збиток - величина випадкова. Позначимо:  $p$  - ймовірність ураження;  $q=1-p$  - ймовірність не ураження цілі. Тоді математичне очікування числа уражень окремої цілі при проведенні досить великого числа стрільб визначиться як сума парних перемножень випадкової величини збитку на ймовірність її появи:  $m(\xi)=1p+0q=p$ .

Отже, математичне очікування числа уражень окремої не спостережуваної цілі чисельно дорівнює ймовірності її ураження. Тому очікуваний результат стрільби по окремій не спостережуваній цілі будемо характеризувати ймовірністю її ураження. Якщо по цілі зроблено кілька

пострілів, то ймовірність її ураження визначаємо як ймовірність того, що хоча б один з них був вдалим.

При стрільбі гарматою мають місце дві групи помилок: ці, що не повторюються (помилки розсіювання снарядів) й повторювані (помилки визначення установок). Помилки визначення установок визначають положення центра розсіювання снарядів і, отже, впливають на ймовірність ураження цілі при одному пострілі. Неврахування системи помилок, які супроводжують стрільбу неминуче призведе до помилок визначення ймовірності ураження цілі. Для ураження окремої не спостережуваної цілі в залежності від її важливості та умов виконання вогневої задачі привертають батарею, дивізіон або артилерійську групу.

При стрільбі батареєю має місце три групи помилок, при стрільбі дивізіоном або артилерійської групою - чотири або п'ять груп помилок в кожному напрямку. Збільшення числа груп помилок визначення установок викликає необхідність врахування додаткових умов при визначенні ймовірності ураження цілі. Для визначення ймовірності ураження цілі при стрільбі батареєю, дивізіоном або артилерійської групою необхідно отримати розрахункову формулу, що враховує дві та більше умов.

Ймовірність ураження цілі при стрільбі батареєю. Нехай батарея в складі  $k$  гармат веде стрільбу по окремій не спостережуваної цілі зі штучним розсіюванням так, що середня точка прицілювання поєднана з центром цілі. Стрільба супроводжується трьома групами помилок: не повторюваною групою помилок розсіювання снарядів на площині, яке характеризується функцією щільності  $\phi(x_p, z_p)$ ; двома групами повторюваних помилок визначення установок: гарматних з функцією щільності  $\phi(x_{op}, z_{op})$  і батарейних з функцією щільності  $\phi(x_b, z_b)$ .

В результаті випадкових повторюваних помилок визначення установок для всіх пострілів батареї  $(x_b, z_b)$  відхилення батарейного центру розсіювання снарядів від наміченої точки прицілювання буде характеризуватися вектором  $\vec{\Delta}_s$ , а його положення - точкою. Центр розсіювання снарядів однієї із гармат (байдуже якої саме) внаслідок випадкових помилок визначення установок для цієї зброї  $(x_{op}, z_{op})$  відхилиться від наміченої точки на відстань, що характеризується вектором  $\vec{\Delta}_{op}$ .

Кожна гармата веде стрільбу по декількох точках прицілювання. Віддалення центру розсіювання снарядів  $k$ -го знаряддя від цілі при стрільбі по одній з точок прицілювання становить: по дальності  $x_s + x_{op} + x_{di} = x + x_{di}$ ; у напрямку  $z_s + z_{op} + z_{dj} = z + z_{dj}$ .

Тоді ймовірність не ураження цілі даною гарматою при стрільбі по усіх точках прицілювання, визначиться

$$Q_k(x_0, z_0) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x_{op}, z_{op}) \prod_{i=1}^{N_r} \prod_{j=1}^{N_{dj}} [1 - p(x + x_{di}, z + z_{dj})]^{N_{ij}} dx_{op} dz_{op}$$

Для кожної пари гармат випадкові повторювані помилки визначення установок по дальності і напрямку незалежні, тому ймовірність не ураження цілі усіма гарматами батареї (при фіксованих помилках хб і зб),

$$Q(x_0, z_0) = \prod_{v=1}^k Q_k(x_0, z_0)$$

Визначивши повну ймовірність не ураження цілі  $Q$ , перейдемо до ймовірності протилежної події - до ймовірності ураження цілі:

$$P = 1 - \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x_0, z_0) \prod_{v=1}^k \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x_{op}, z_{op}) \prod_{i=1}^{N_r} \prod_{j=1}^{N_{dj}} [1 - p(x + x_{di}, z + z_{dj})]^{N_{ij}} dx_{op} dz_{op} dx_0 dz_0$$

UDC 629.7.014.16

## THE MATHEMATICAL MODEL OF LONGITUDINAL MOTION OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE TO OPTIMIZE ITS TAKEOFF TRAJECTORY WITH A LAUNCH DEVICE

A.L. Zirka

*Central research institute of weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine, Ukraine*

Starting unmanned aerial vehicle (UAV) using a catapult launching device (PE) allows for unmanned aircraft systems (UAS) from unplanned areas, significantly reducing the geometric size of the site required for the deployment and implementation of UAV take-off. In addition, starting devices allow the use of BPAC on mobile platforms, for example from the deck of the ship.

At the same time, there is a contradiction between the requirements for ensuring a safe take-off of the UAV with an intense set of altitudes and the minimum mass-dimensional characteristics of the characteristics of start-ups and accelerators, to ensure their transportation and compact accommodation, for example, on the deck of a ship of small water-tightness.

Next, the report presents the results of mathematical modeling of longitudinal motion of the UAV at its start by using PP.

Rise UAV using the catapult device, usually divided into two stages:

moving along the directional launcher under the action of the marching engine and accelerator at the same time;

acceleration of the UAV in the air after the loss of contact with the trigger when operating only the march engine.

It is known that the airplane UAV airplane trajectories and characteristics of the launching device are closely linked and interrelated. Taking into account the above, there is a problem of formation of the nominal trajectory of the UAV movement on the take-off airway, taking into account the optimal energy costs and restrictions of the mass-dimensional parameters of the launching device.

On the other hand, by optimizing the trajectory (by successive selection of the optimal values of the angle of inclination of the guiding plane  $\theta_{mn}$  and the speed of the approach of the UAV  $V_1$ ), one can obtain rational geometric and mass parameters of the missile device.

The most critical parameter is the height of takeoff, so the optimization of the trajectory is based on the minimum of its loss.

Since in the flight process both speed and altitude change simultaneously, the energy height is chosen for an independent variable  $H_e$ , which depends on the geometric height  $H$  and the square of the speed. It defines the combined total energy 1 kg UAV

$$H_e = H + \frac{V^2}{2g}.$$

In this approach, it is expedient to look for a change in the geometric height in the form of a functional from the energy height, that is,

$$H_{\min} = \int_{H_{e1}}^{H_{e2}} \frac{dH}{dH_e}(V, \theta, n_{xa}, n_{ya}) dH_e \longrightarrow \min'$$

where

$$\frac{dH}{dH_e} = \frac{\sin \theta}{n_{xa}}.$$

The resulting relation has a certain physical meaning:  $\sin \theta$  evaluates the action of the component of the weight force  $gm \sin \theta$ , and  $n_{xa}$  is the action of the force of the draft on the change in height. In parallel, you can calculate the dependence of  $H_e(t)$ , and then calculate the ratio  $\sin \theta / n_{xa}$  in the function  $H_e$ .

It should be noted that the loss of height occurs at low values of derivative  $dH/dH_e$ . At positive values of  $dH/dH_e$  there is a set of altitudes.

Thus, at a certain given integration interval ( $H_{e1} - H_{e2}$ ), the maximum height loss will be unambiguously related to the extreme values of the derivative  $dH/dH_e$ .

The given technique allows to calculate the geometric characteristics of the latter, as well as the required power of the starting accelerator, according



to the resulting parameters of the BPLA with the PP. Together, they should provide the best characteristics of UAV take-off triggering device.

UDC 355.02+004.91

## **SOME APPROACHES TO ENHANCE INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT PROCESSES OF DEVELOPMENT OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT**

O.O. Holovin

*Central research institute of weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine, Ukraine*

The basis of the analytical activity of experts in the military field is the information resources whose narratives fully characterize the properties and functionality of the whole nomenclature of armaments and military equipment. It also needs to include the narratives of descriptions of scientific and technical products, which can be used to upgrade existing or to create the latest models of weapons and equipment in accordance with modern requirements.

Analysis of the effectiveness of the information and analytical support of the Armed Forces of Ukraine demonstrates the need to improve the automation of management of the development of weapon systems, primarily in the direction of improving the efficiency of appropriate methods of information tools and technologies, as well as measures and procedures that affect the quality of input data, receiving and processing new information and analysis, development of recommendations necessary for timely informed decisions regarding the development of IWT.

One of the priorities for defense reform in the Armed Forces of Ukraine (AFU) is to create a single information system of defense management. An important component of this system is to become IAS support processes and equipment of the Armed Forces of weapons and equipment.

It is expedient to create such a system by means of comprehensive automation of the Armed Forces' management processes based on the use of modern information technologies and standards of leading NATO member states.

The analysis of the automation of the processes of equipping and developing the Arms Technical Inspectorate of the Armed Forces made it possible to determine that each of the directions created separate components of the information systems, but they are heterogeneous in terms of time of creation, degree of completeness, technologies used, scope of processes coverage, volume of deployment and filling of data, and also the possibility integration into

a single system with regard principles and standards of the relevant provisions of STANAG NATO standardization.

The state of the information and analytical infrastructure aimed at ensuring the needs of the leadership of the structural units of the Armed Forces of Ukraine does not fully meet modern challenges in the field of defense building and the creation of the latest models of weapons. The integration of information systems in certain areas absent or carried fragmented, leading to duplication and lack of accuracy and completeness of information on integrated defense management in general.

At the same time, the development of information and analytical support for the processes of equipment and development of weapons and military equipment of the Armed Forces of Ukraine should be carried out in the following areas:

- the introduction of new information technologies in decision-making on equipping and development of arms and military equipment of the Armed Forces;

- the creation of new technical solutions during development (modernization) of information and analytical systems;

- development and improvement of information infrastructure taking into account NATO standards;

- creation of information and analytical systems (IAS) taking into account requirements for ensuring interaction between existing and created information systems in the Armed Forces of Ukraine;

- use of flexible technological platforms during the implementation of information and analytical systems that are developed;

- consideration of requirements for fault-tolerance and disaster resistance of IAS being developed;

- introduction of automatic identification and authentication of IAS users, regulated access and data exchange, providing the necessary level of protection of information from external and internal threats;

- improving the organizational structure of the IAS developed.

You must have the appropriate software and information software that is able to implement intelligent services semantic content analysis of all narrative descriptions of IWT and structural funds allocated by the results of this analysis all system forming properties, functional characteristics and inter-system connections.

The decision of this task is impossible without the introduction of IAS, which should be built on the basis of existing organizational structures operating in the system of support of the life cycle of weapons and equipment on the basis of a single normative, organizational and methodological support, the consolidation of component parts and unified components of this system.

The conducted analysis of the state of development of information systems allows us to state that today there are two main problems that need to be solved for the effective implementation of IAS for the management of the development of weapons.

First, it is an imperfection of the mechanisms for implementing interactive services for expert users, on the one hand, the very high heterogeneity of technical platforms, and, on the other hand, a very different level of training of decision makers, operators and consumers of information.

Secondly, the lack of effective procedures (mechanisms, algorithms, methods and techniques) for the use of intelligent means of automated structuring of network information arrays, the inclusion of their contexts in the information processing circuit, and the imperfection of mechanisms for integrating the means of extraction and knowledge formation about managed processes, as well as the detection and identifying latent objects and processes in a network-centric information environment.

The main purpose of creating AIS equipment and processes support the development of weapons and equipment of the Armed Forces is the development and implementation of intelligent solutions network-centric to enforce relevant tasks in the formation and development capabilities for various thematic profiles structural units of the Ministry of Defense of Ukraine.

To do this, it is planned to use the ontological principles for the processing of heterogeneous information. IAS to support the processes of equipment and development of weapons and ammunition should be an innovative complex of network-centric software, information and methodological tools for the integrated use of distributed information resources and corporate knowledge systems.

The mentioned IAS should be created on the basis of the ontological basis for the processing of heterogeneous information and represent an innovative set of network software, information and methodological tools for the integrated use of distributed information resources and corporate knowledge systems that have a significant amount of interdisciplinary relationships [1].

The basis for creating such a system is to provide solutions to cognitive tasks in the processing of text documents, databases and knowledge: structuring, analysis, synthesis and selection, in particular:

- Structuring of input information arrays;
- processing of received structured information, including analysis and selection;
- synthesis based on input data and results of processing output.

In this case, the structuring of incoming (text) documents consists in separating objects from such documents, links between them and their attributes [2, 3].

This approach will allow the management of information resources provide users with access to the information system and their interactive interaction in order to solve a wide range of analytical and expert tasks.

### **Literature**

1. Transdisciplinarity: Joint Problem Solving Among Science, Technology, and Society: An Effective Way for Managing Complexity / Julie Thompson Klein. – Birkhäuser, 2001. – 332 p.

2. A translation approach to portable ontology specifications / T. Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. – Vol. 5. – P. 199-220.

Qualitative models in the theory of complex systems / A.V. Malishevski. – M.: Nauka. Fizmatlit. – 1998. – 528 c.

УДК 629.7.083

## **FEATURES OF APPLICATION OF CAD/CAE-SYSTEMS IN THE CONTEXT OF SUPPORTING THE CAPABILITY OF AVIATION ENGINES OF FIGHTER AIRCRAFT**

O. Lobyenko, A. Shulgin

*State of research institute of aviation, Ukraine*

At the present time, due to the use of certain aircraft engines for fighter planes of maximum values close to the assigned resources, there are risks of lowering their serviceability, readiness to perform tasks for the purpose of operating units and safety of flights.

In order to prevent the decrease of these indicators below the permissible values, it is expedient to have methods that would allow to substantiate the development of recommendations for ensuring the effective technical operation of aviation engines with significant developments close to the assigned resources and service life, taking into account the real conditions of work (load).

In today's conditions, the most appropriate way to solve this problem is to develop and implement advanced information CAD/CAE-technologies in order to maximally reliable assessment of its technical condition in the process of operation, effective management of the development of the resource of aircraft engines fleet [1].

Application of cluster computing technologies in the process of operation of aviation engines of fighter planes allows to create the most exact mathematical models of aviation engines and their components, to reproduce processes of their work and to predict the rests of the resource.

Summarizing the above, it can be argued that the use of CAD/CAE-technologies in the operation of fighter aviation engines allows us to implement the necessary terms for monitoring the strength reliability at optimal cost of experimental testing of engines and their parts.

The high level of implementation of advanced information technologies allows more reasonably and promptly to carry out scientific and technical support for the operation of fighter aircraft without reducing their level of variability and flight safety.

### **Literature**

1. Huth D. Systems wrap-round all life cycle of good /of D. Huth // the Air review. - 2003. - № 49. - C. 48-50.

UDC 623.094

## **MAIN PROVISIONS OF NATO POLICY OF MODELLING AND SIMULATION APPLICATION TO SUPPORT DEFENSE MATERIEL TEST AND EVALUATION**

A.G. Pavlenko, A.G. Kozyr, R.V. Holodnyi

*State Research and Development Institute of Armament And Military Equipment Testing and Certification*

The defense authorities of NATO countries (e.g. USA and Canada) consider the early use of modeling and simulation (M&S) as a key tool throughout the acquisition life cycle [1, 2]. Over the past 10-15 years NATO countries implement capability-based approach to defense acquisition process. One of the most important parts of the acquisition life cycle is Capability Engineering Process (CEP).

With an efficient use of M&S tools and processes, CEP provides a core process to support defense authorities in delivering new or updated capabilities in less time with reduced cost and risk. The capability-based acquisition process has brought many changes in the way people, processes and material collaborate in order to create, transform and exchange information throughout the acquisition life cycle. Some of these challenges are: exploding complexity; broad range of missions; new/uncertain threats; coalition/joint perspective; System of Systems perspective (requires the

development of a high degree of interoperability within existing and new systems); distributed collaborative development environment; joint development and test environment; and efficient and secure sharing of products, models, simulations and other related information among distributed participants.

M&S, when properly employed, provides the Test and Evaluation (T&E) community with valuable information that can increase confidence levels, decrease field test time and costs, and provide data for pre-test prediction and post-test validation. A symbiotic relationship exists between M&S and T&E. All defense M&S requires verification, validation and accreditation (VV&A) for each use in the acquisition process, and T&E is needed to validate most models. M&S must be well understood to ensure a reasonable return on investment for its use. So, using M&S has to increase the efficiency of the T&E process, reduce time and cost, provide otherwise unattainable and immeasurable data, and provide more timely and valid results.

The term “modeling and simulation” is often associated with huge digital computer simulations, but it also includes manual and man-in-the-loop war games, hardware-in-the-loop simulations, test beds, hybrid laboratory simulators, and prototypes.

There is a broad spectrum of simulation types ranging from theater/campaign simulations to detailed engineering simulations. A program will likely use a suite of models and simulations. The engineering-level models assess measures of performances along with design, cost, producibility, and supportability information for components, subsystems, and systems. The military utility of systems can be evaluated within engagement and mission/battle-level models. At the highest level, theater/campaign models can be used to simulate the outcomes of major conflicts. Clearly, there is no single model or simulation to suit all of a program’s needs. Each model or simulation has a specific purpose for which it was intended and the tester should carefully evaluate its utility for T&E purposes. One way of looking at the role of simulations used in T&E is by categorizing the simulations into a three-part continuum, which is described below.

**Constructive Simulations.** Constructive simulations are strictly mathematical representations of systems and do not employ any actual hardware. They involve simulated people operating simulated systems. Real people stimulate (provide inputs to) constructive simulations but are not involved in determining the outcomes. Constructive simulations may, however, incorporate some of the actual software that might be used in a system. Early in a system’s life cycle, computer simulations may provide the most system evaluation information. In many cases, computer simulations

can be readily developed as modifications of existing simulations for similar systems.

**Virtual Simulations.** Virtual simulations involve real people operating simulated systems. A system test bed usually differs from a computer simulation as it contains some, but not necessarily all, of the actual hardware that will be a part of the system. Other elements of the system are either not incorporated or, if they are incorporated, are in the form of computer simulations. The system operating environment (including threat) may either be physically simulated, as in the case of a flying test bed, or computer simulated, as in the case of a laboratory test bed. Aircraft cockpit simulators used to evaluate pilot performance are good examples of system test beds. As development of a system progresses, more subsystems become available in hardware form. These subsystems can be incorporated into system test beds that typically provide a great deal of the system evaluation information used during the middle part of a system's development cycle.

Another type of virtual simulation used in T&E is the system prototype. Unlike the system test bed, all subsystems are physically incorporated in a system prototype. The system prototype may closely represent the final system configuration, depending on the state of development of the various subsystems that compose it. Preproduction prototype missiles and aircraft used in OT by the Services are examples of this class of simulation. As system development proceeds, eventually all subsystems will become available for incorporation in one or more system prototypes. Hardware-in-the-loop simulators or full-up man-in-the-loop system simulators may provide the foundation for continuous system testing and improvement. These simulators can provide the basis for transitioning hardware and software into operationally realistic training devices with mission rehearsal capabilities. OT of these prototypes frequently provides much of the system evaluation information needed for a decision on full-scale production and deployment.

**Live Simulations.** Live simulations involve real people operating real systems. Some say that everything except global combat is a simulation, even limited regional engagements. Live exercises in which troops use equipment under actual environmental conditions approach real life in combat while conducting peacetime operations. Training exercises and other live simulations provide a testing ground with real data on actual hardware, software, and human performance when subjected to stressful conditions. These data can be used to validate the models and simulations used in an acquisition program.

The complexity of testing in a joint environment will require testing in a distributed environment that combines live, virtual, and constructive models.

Hardware, software, databases, and networks are integrated into a system and tested to make sure they can operate as intended.

M&S accuracy is dependent on the technical level of confidence or credibility of the simulation. To ensure that confidence in a particular use of M&S for a given purpose is justified, a rigorous process must be followed, such that: modeling assumptions are accurate and well documented; results produced by the M&S are stable, consistent, and repeatable; and the correlation between the M&S behavior and real world behavior is clearly understood. Model credibility is established via a VV&A set of increasingly rigorous criteria.

### **List of references**

1. Mokhtari, M.; Bernier, F.; Couture, M.; Dussault, G.; Lalancette, C.; Lam, S.; Lizotte, M. (2005) Modelling and Simulation and Capability Engineering Process. In *The Effectiveness of Modelling and Simulation – From Anecdotal to Substantive Evidence* (pp. 5-1 – 5-12). Meeting Proceedings RTO-MP-MSG-035, Paper 5. Neuilly-sur-Seine, France: RTO.

2. Test & Evaluation Management Guide. – fort Belvoir: The Defense Acquisition University Press, 2012. – 232 p.

UDC 355.02+004.91

## **INCREASING THE QUALITY OF RECOGNITION OF AIR TARGETS IN MODERN MODELS OF RADIOACTIVE EQUIPMENT**

Shknai Oleh Viktorovich

*Central research institute of weapons and military equipment of the  
Armed Forces of Ukraine, Ukraine*

One of the ways of solving this problem is to take into account all the conditions that affect the quality of the recognition system, the correct choice and accurate description of the signs of air targets, the optimization of the recognition system, taking into account consumers of radar information, and the adaptation of the recognition system in samples of radar equipment to the conditions of its operation.

At present, the development of computer information processing has led to the emergence of technologies that allow computers to perform electronic identification elements-images in the information processed. The development of methods for machine recognition allows you to extend the



range of tasks that are solved by computing means and make machine processing information more intelligent.

The perspective range of increasing intelligence capabilities radar technology is introduction into the radar recognition procedure that would include a consistent solution to the problems of forming classification attributes of air targets by range profile and neural network identification of their portraits in terms of the set of traits received.

The scheme of operation of such a system of recognition consists of two phases: the phase of setting up (training) and the phase of operation, which contains the processing stage and the stage of decision-making.

One of the main ways to improve the quality of aerial recognition in modern samples of radar equipment is to increase the informativity of radar systems by improving the corresponding mathematical models. These models should take into account a set of recognition attributes that correspond to certain properties of a particular air type and distinguish it from other types. This can be realized by taking into account during the classification of the purposes of the results of the analysis of trajectory and signal signs of air targets. The use of trajectory signs of air targets (introduced in existing samples of radar equipment) does not enable the creation of a complete radar target for a more precise classification.

The most convenient mathematical description of this model is a vector description of target images, in which each image is brought into conformity by some vector of signs of this image. The choice of the most informative features describing this image is one of the main tasks of recognition. The proper functioning of the radar detection system (hereinafter - radar) depends on the correct choice of signs and signs of the dictionary of signs.

Taking into account the above, it is proposed to take into account, in addition to the trajectory, the mathematical model, in addition to the trajectory signs, of the objectives. Signal signs are directly related to the reflecting properties of the target and the dynamics of its flight, so they provide high quality recognition indicators and allow you to recognize more classes. But unlike trajectory features that can be measured with sufficient reliability with most radar systems, measuring most of the signal signs requires the use of special methods related to the analysis of the structure of radar signals. In this case, the radiation radar signals themselves are complicated. The most complete description of the properties of the targets is radar profiles. Their reception implies the presence of high resolution for the corresponding parameters of the signal, the achievement of which is mostly complicated or impossible at present.

One example is to get a resolution value in the range of one meter, requires a bandwidth of an irradiation signal of about 150 MHz, high

resolution for angular coordinates requires the use of radar with an antenna direction pattern equal to units of angular seconds. In both cases, clustering (shredding) of the signal leads to a decrease in the signal / noise ratio.

Thus, the problem of authentication rangefinder and Azimuth profiles objectives may conflict with the objective of detecting them.

At present, due to the use of broadband signals and the possibility of their compression, the possibility of obtaining a long-range goal profile, which allows you to recognize not only the class, but also the type of purpose. Currently, studies on recognition rangefinder profile fighters, bombers, transport aircraft and false targets.

Another way of solving the problem is to get recognition Doppler profile targets, which is a radial velocity distribution points reflecting targets engaged by driving purposes regular and chaotic reciprocating and rotating movements. In Doppler profile targets in the spectrum doplerovsokoho common characteristic is the offset frequency components, which are caused by maneuvering targets regular components that are associated with turbine or helical modulation and random components, which are caused by vibrations and yaw air targets.

However, receiving a Doppler profile involves radiation of a continuous signal. In this case, such important advantages of the radar as the resolution and the possibility of using a compatible antenna are lost. However, some possibilities of using the "turbine" effect for recognition are triggered by the creation of a quasi-continuous radar.

Spatial, polarization, time and spectral characteristics of the reflected radar signals mainly depend on the properties of four different types of goals:

- the size, shape and material of the scattering surface;
- movement of reflective elements relative to each other;
- movement of the entire body of the target around the center of gravity;
- moving the center of gravity targets in space.

Therefore, these properties can be divided into four groups of characters purposes. It should be noted that for the recognition and selection the most informative parameters are reflected signals, which are due to the first and second properties of the targets. Using the principles of modern radar allows you to define each group of signs in different ways.

Thus, the report provided a process for improving the quality of air targets detection in samples of modern radar technology, which involves improving the mathematical model appropriate procedure. Further researches should be conducted in the direction of synthesis of recognition, control and distribution algorithms in order to optimize management processes and eliminate existing contradictions.

## **RECOGNITION SIGNS OF COMPOSITE SIGNALS OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS**

A. Steiskal, S. Kovalchuk,

*Research Institute of the Ministry of Defence of Ukraine, Kyiv,*

S. Kovtun,

*CRYPTON Science and innovation Firm, Kyiv, Ukraine*

Recently, the number of telecommunication systems (TCS) with extended spectrum has considerably increased. Signals with the extended spectrum in scientific literature are called difficult, broadband, noise-shaped, multi-dimensional, etc. Thanks to it the jamming suite of TCS increases, the hidden mode of their functioning is provided (the latter factor is important for military TCS of tactical use).

Due to the above-mentioned advantages of TCS with the extended spectrum, difficulties arise in solving the problem of radio monitoring of such signals. To detect such radio emission, to define signals that is used, to measure their parameters and in future to process in a situation, when there is no priori information about TCS, that has to be monitored, is an intricate scientific and technical problem.

Authors are set forth procedures of exposure of linear-frequency modulation signal (LFM) and code phase manipulation (CPM), evaluation of midfrequency, width of spectrum (frequency deviations), duration of bit interval and their recognition by the method of dispersible-time analysis. The detection of difficult signals comes true by means of autocorrelation transceiver with quadrature treatment (ATQT) on the basis of accumulation of useful signal and comparing of initial effect to the set threshold that provides the level of probability of erroneous alarm.

The evaluation of midfrequency of signal comes true on results of the arctangent of relation of quadrature constituents of autocorrelation function of entrance signal calculation. The got estimation of midfrequency is used for displacement of signal spectrum on the middle of transceiver bandwidth.

The evaluation of spectrum width (deviations) comes true on first a minimum of the module of autocorrelation function by linear-discrete alteration of time of delay of ATQT line within the limits of maximally interval of elementary impulse of difficult signal that is expected.

The evaluation of bit interval comes true on first a minimum of the module of frequency cross-correlation function by linear-discrete frequency

displacement of spectrum of entrance signal at presence of permanent temporal displacement of delay line.

Properties of diagram of vagueness (DV) of broadband signals of TCS are researching by authors. Signs sufficient for recognition of LFM signals on the basis of the mutual placing of characteristic points of DV of difficult signals are first set forth. Characteristic points set are: a) an intersection of DV with a time axis (a zero is on axes  $\tau$ ); б) an intersection of DV with a frequency axis (a zero is on axes  $f$ ); c) DV top.

Recognition comes true by comparing of the got values of initial effect of transceiver to the expected values on the basis of DV. If the first two “zero” intersections are full enough described in scientific literature, then the top of DV has its own features. For LFM signal a cut of DV is at level -2 dB ( $\rho(\tau, f) = 0,794$ ) from a maximal value is prolate between axes  $\tau$  and  $f$  and compressed in perpendicular direction to the cut of DV (has a “knife” form). The intersections of DV matter: on time axes is 0,206 and on frequency axes is 0,646 with any aspect ratio. For CPM a cut of DV is at level - 2 dB of a maximal value has an elliptic form. The intersections of DV like matter: on time axes is 0,891 and on frequency axes is 1,134/ $\tau$ ; with any aspect ratio.

UDC 623.418.2

## **MATHEMATICAL MODELING OF RELIABILITY INDICATORS FOR MOBILITY MEANS OF COMPOUND TECHNICAL OBJECTS**

V. V. Tyurin, P. V. Open`ko, P. A. Drannyk, V. V. Kobzev

*National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhov-sky, Ukraine*

Modern experience of local wars and conflicts testifies to necessity of high mobility of military equipment in order to improve their survivability. Moreover, the mobility provides hidden combat deploying and timely withdrawal to avoid counter-attack. At the same time, the development of new special purpose equipment (SPE) systems and modernization of the existing ones are associated with the necessity to substantiate requirements for their vehicles (mobility means) that in common with deployment and withdrawal systems intended to provide SPE system's mobility [1, 2]. Requirements for some vehicle characteristics (such as average speed, average cruising range, carrying capacity, ford depth, etc.) can be specified using some tactical considerations including SPE system external environment, and requirements to its survivability. However, the problem of substantiating the dependability requirements [3, 4] for mobility means of

SPE systems, to which design and technological solutions, implemented by the motor vehicle chassis designer must comply with, needs more detailed research.

In most cases, reliability and maintainability are the key factors that define the dependability performance of any object of military equipment [3, 4]. The developed method for substantiating the reliability and maintainability requirements for mobility means of SPE systems, which accounts for the functioning peculiarities of the mentioned systems, is described in the report.

Problems connected with reliability of the complex systems have been discussed in many works, particularly in [5-11]. Research of the SPE systems reliability focuses, as a rule, at problems of reliability of its land combat means, and, particularly, at the radio-electronic equipment [6, 8-12]. At the same time, it is assumed, that the vehicles, designed for transportation of means of SPE system, are considered either as having no failures or their reliability being accounted for indirectly using simplified form of given probability that combat and technical means will be successfully transported on certain distance.

Problems of reliability of vehicles of various types, which perform different functions, are described in different research, for example, in [13-16]. However, the influence of vehicles reliability on SPE system effectiveness in the known works has not been practically examined and demands further research.

The authors in [16] developed the method for substantiation of reliability requirements for mobility means of SPE systems. However, the objects of research were being simplistically studied as the ones that couldn't be restored. The developed provisions stated that the failure of mobility means results in the breakdown of the task completion. It means that in case the performance is restored during the given period of time, the probability of successful task completion isn't taken into account. Besides, the effectiveness of SPE system mobility means was studied in [16] only in terms of firing support. At the same time as it was proved by the recent local conflicts if in case of retaliation the SPE hasn't been withdrawn in a timely manner it will be destroyed with a high degree of probability.

Our report is devoted to the developing the method for substantiation of reliability requirements for mobility means (vehicles) of SPE systems, which takes into account their hierarchic structure as well as the influence of the SPE system mobility means reliability on the system effectiveness.

Functional structure of SPE system as in the [16] can be represented as hierarchic system [5, 8-10]. In line with this the structural scheme of the mobility means of the perspective SPE system involves three levels. Zero

level of this structural scheme corresponds to the mobility mean of the missile guidance station. First level corresponds to the mobility mean of the missile launcher with the pre-launch preparation equipment. The second level corresponds to the mobility mean of missile launcher without the pre-launch equipment.

In such structure, auxiliary objects exist between basic controlling objects and the controlled ones. The objects interact on the basis of "signal transfer and transformation" by means of operable "intermediate" objects and "communication channels". Channel failure leads to impossibility of using this particular channel, and the object failure leads to impossibility of using also all slave (connected to this particular object) channels. We assume that element failures are mutually independent.

Evaluation of the SPE system performance using hierarchic systems is done under the following assumptions: element of  $i^{th}$  level is thought as correctly functioning if this element along with all those elements connecting it to the zero level element of the hierarchic system  $S_f$  are operable. It is possible to assume that communication lines (branches) that unite elements are absolutely reliable. In other words, the reliability of branches can be accounted for by introducing corresponding corrections into the reliability of elements; performance of hierarchic system depends on the number of correctly functioning elements at each  $i^{th}$  level ( $i \leq f$ ).

While calculating the coefficient of effectiveness sustainment for mobility means of perspective SPE system, we note the fact that design of the entire system allows for connection of the  $2^{nd}$  level launcher to any of the  $1^{st}$  level launchers. Also, the number of the  $2^{nd}$  level launchers, which can be connected to the  $1^{st}$  level one, is not limited.

In doing so, the statutory value of the march length for mobility means and corresponding values of reliability and maintainability measures of mobility means are used as the input data for calculating the coefficients of effectiveness sustainment for the vehicles carrying the combat and technical means of SPE system. Expected values for these coefficients are the functions of the number of operable elements (mobility means of SPE system).

Conclusions. A method of substantiation of reliability requirements for mobility means of SPE systems described here accounts for the hierarchic structure of SPE system as well as the influence of reliability of combat and technical mobility means on the SPE system effectiveness. Mathematical equations for the coefficients of effectiveness sustainment for the vehicles of SPE system carrying combat and technical means of the SPE system as the functions of reliability and maintainability measures of the vehicles have

been obtained. Using these equations, the boundary values of the mean distance between failures and the mean time needed for the combat and technical means of SPE system to be restored, that are consistent with the given values of coefficients of effectiveness sustainment. The method developed here has an important practical application at the stage of development of perspective SPE systems and modernization of the existing ones.

### Literature

1. Laneckiy, B. N. Lukyanchuk, V. V., Kirillov, I. G., Nikolaev, I. M. Order of Grounding the Operational and Tactical Requirements to the System of Surface-to-Air Missile Armaments and Its Structural Components (in Russian). *Systemi ozbroyneniya i viyskovoi tehniki*, 2014, no. 1(37), p. 51-55.

2. Laneckiy, B. N. Lukyanchuk, V. V., Lisovenko, V. V., Nikolaev, I. M. Methodical Approach to Grounding the Requirements to Survival of Surface-to-Air Missile Complex in Conditions of the Fire Interdiction by Enemy (in Russian). *Nauka i tehnika Povitryanyh Sil Zbroiniv Sil Ukrainy*, 2014, no. 2(15), p. 93-97.

3. ADMP-01:2014, Guidance for Developing Dependability Requirements – Edition A Version 1.

4. ADMP-02:2014, Guidance for Dependability In-Servise – Edition A Version 1.

5. Gadasin, V. A. Estimation of the Effectiveness of Hierarchic Systems with Equal Objects with Due Regard for Reliability (in Russian). *Izv. Akad. Nauk SSSR, Tekh. Kibern.*, 1976, no. 6, p. 108-113.

6. Perry L. Martin. *Electronic Failure Analysis Handbook*. New York: McGraw-Hill, 1999. 520 p.

7. Polovko, A. M., Gurov, S. V. *Fundamentals of Reliability Theory* (In Russian). St. Petersburg: BHV-Peterburg, 2006. 704 p.

8. Kovtunenکو, A. P., Zubarev, V. V., Lanetskiy, B. N., Zverev, A. A. *Mathematical Modeling in Problems of Research of Reliability of a Technical Systems* (In Russian). Kyiv: Knizhkovе vidavnistvo NAU, 2006. 236 p.

9. Lanetskiy, B. N., Zhukov, V. S., Alekseev, A. S. *Fundamentals of Reliability Theory, Exploitation and Repair of Means of Antiaircraft Systems. Part 1* (In Ukrainian). Kharkiv: HVU, 2008. 510 p.

10. Tobias, P. A., Trindade, D. C. *Applied Reliability. Third Edition*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2012. 600 p.

11. Ohring, M., Kasprzak, L. *Reliability and Failure of Electronic Devices and Materials. Second Edition*. Amsterdam: Elsevier, 2014. 758 p.

12. Parker, S. R. *Combat Vehicle Reliability Assessment Simulation Model (CVRASM)*. In *Proceedings of the 23<sup>rd</sup> Conference on Winter Simulation*. Washington: IEEE Computer Society, 1991, p. 491-498.

13. Nail, M., Fenton, N., Forey, S. and Harris, R. Using Bayesian Belief Networks to Predict the Reliability of Military Vehicles. *Computing & Control Engineering Journal*, 2001, no. 2, p. 11-20.

14. Strutt, J. E. and Hall, P. L. *Global Vehicle Reliability Prediction and Optimization Techniques*. Bury St. Edmunds and London: Professional Engineering Publishing, 2003. 140 p.

15. Leontyev, A. N., Solovyov, A. A., Rasschupkin, V. P., Korytov, M. S. *Fundamentals of Reliability and Repair of Vehicles of Special Purpose* (in Russian). Omsk: SibADI, 2010. 135 p.

16. Open'ko, P.V., Drannyk, P.A., Kobzev, V.V., Brovko, M.B., Zalevsky, G.S., *Substantiation Of Reliability Requirements For Mobility Means Of Surface-To-Air Missile Systems*, *Advances in Military Technology* vol. 12, no. 1, 2017, pp. 91-99.

UDC 355.02

## **THE PROBLEM OF REPLACING THE FLEET OF TRAINING AIRCRAFT OF ARMED FORCES OF UKRAINE**

S. Zhdanov

*Central research institute of weapons and military equipment of the*

*Armed Forces of Ukraine, Ukraine*

Training aircraft L-39 of Armed Forces of Ukraine going to replacement in the years 2025-2030. The problem of replacing the fleet of training aircraft of Armed Forces of Ukraine is very urgent.

Proposed one of the ways to solve it. This path is based on the analysis of turboprop trainers aircraft and on the latest trends in the training of military pilots in the world. According to Flight Global (World Air Forces-2018) in the world is in operations 2364 turboprop training aircraft, including the Pilatus PC-21 (PC-7, PC-9), Beechcraft T-6 Texan, Korean Aerospace Industries (KAI) KT-1, etc. The traditional training program includes levels: Elementary, Basic Training, Advanced Training, Fighter Lead-In Training, Fighter Aircraft. In traditional training, different types of aircraft are applied at different levels. In the latest trends used simulator level D, training turboprop aircraft with a "glass cabin" and a Fighter Aircraft. This way of solving the problem may be optimal for Armed Forces of Ukraine by the economic criterion.

### **Literature**

1. World Air Force 2018 / Flightglobal.

2. <https://www.pilatus-aircraft.com/en/fly/pc-21>



**ASSESSMENT OF TECHNICAL RISKS BASED ON FUZZY LOGIC  
FOR DECISION SUPPORT SYSTEM PROJECTS CREATION OF  
SPECIAL AVIATION ENGINEERING**

M.V. Zirka

*Central research institute of weapons and military equipment of the  
Armed Forces of Ukraine, Ukraine*

Increased requirements for modern armaments and military equipment, including special aircraft, and complications most samples, the appearance of control close to the intelligence leads to increased complexity (of innovation) projects of creation, and therefore the level of risks in their implementation.

Thus, at each stage, as early in the project (decision to open a research work), provides for the adoption of different kinds and levels of decisions (management, design, engineering, etc.). Some of them are listed below:

Within the competence of the Customer: the beginning of the development (opening of research work); on the choice of the main contractor and the conclusion of the contract; acceptance of the appropriate stages; continuation or termination of research and design work;

Within the competence of the research institution of the Customer: regarding the provision of feedback; the results of scientific and technical expertise;

Within the competence of the developer (main executor of research and development): on the choice of co-executors and the conclusion of contracts; design technical about the assignment of the letter of the documentation, etc.

The proposed decision support system (DSS) is proposed to provide a risk management unit (the structure of such a DSS is presented below in the report). The work of this unit is based on the scientific and methodological apparatus of risk assessment at the stages of development of the corresponding models of technology.

It should be noted that risk management has already become widespread in the economic, banking, and is gradually extended in the form of partially implemented software and methodical products and in the field of industrial machinery. Therefore, the proposed approach with the introduction of the appropriate scientific and methodical apparatus, at present, is an actual scientific task.

The structural algorithm of such a scientific-methodical apparatus is presented in the report and in general, it includes the following: in the first stage, the identification of risks, indicators are used as local indicators, for

example, scientific and technical assignment, degree of innovation of the project, possible term of implementation, required financial resource, etc.

Further, the weight of the indicators and membership function builds their hierarchical sequence and introduces into a mathematical model built on the basis of fuzzy logic. Further evaluation of the indicators by the accepted criteria and their convolution makes it possible to carry out a general risk assessment as a global indicator by the global criterion based on such initial characteristics (global criteria): "Minimum risk"; "Moderate risk"; "Significant risk"; "High risk"; "Extreme risk".

### **Literature**

1. Bellman R.E., Zadeh L.A. Decision-making in fuzzy environment // Management Science. Vol.17. No.4. 1970. – P. 141–164.
2. Alter S.A. Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenges. – Reading, Mass.: Addison – Wesley Publ. Co., 1980. – 316 p.
3. Kahneman D. Prospekt Theory: an Analysis of Decision under Risk / D. Kahneman, A. Tversky. // Econometrika/ - Vol.47, 1979, p. 263-291.

**СЕКЦІЯ 5**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В**  
**УПРАВЛЕНІ ПРОЕКТАМИ**

## MODELING OF EMPATHY, EMOTIONAL INTELLIGENCE AND TRANSFORMATIONAL LEADERSHIP TO THE PROJECT SUCCESS

Bushuyev Sergey<sup>1</sup>[0000-0002-7815-8129], Kozyr Boris<sup>1</sup>[0000-0003-3400-4571] and Rusan Nadiia<sup>1</sup>[0000-0002-7815-8129]

<sup>1</sup> *Kiev National University of Construction and Architecture, Kiev, Ukraine*

*SBushuyev@ukr.net*

The emotional intelligence that many speak in recent times is not only the ability to control their feelings, but also the ability to understand other people. Manager is simulating it project manager performance more extensive features, which include: financial management, personnel management, operations (production) management, procurement and supply, technical-technological aspects of management, etc. Therefore, project Manager needs to have a sufficient level of competence and developed emotional intellect. The challenges facing leaders require the ability to carry out an active search for the necessary decision making information; to recognize the emotional state of the interlocutor, to interpret adequately the content of the received information taking into account their nature, degree of completeness and accuracy, the presence of "hidden meaning", manipulating, etc. The project Manager must be able to interact with their partners, subordinates to achieve the goals, to obtain the desired effect (change of behavior, thoughts, relationships, etc.). How to learn to recognize someone else's experiences? And why empathy is the key to success? This is discussed in the paper.

The ability to recognize the feelings of another person, and the correct response to her emotions is necessary in very many areas, from trade to social activity. To create a product or service that you are interested in, you need to know well who will use them. The general characteristics of the target audience: gender, age and profession are undoubtedly important, but for the best companies in the market, this information about the client is clearly not enough. This requires empathy - the ability to empathize with another person, the ability to put himself in his place.

The concept of emotional intelligence is probably the only theory in management based on neurophysiology. Emotional intelligence is personality traits that give the ability to recognize and analyze the emotions of surround-

ing people and their own emotions. Thanks to the developed emotional intelligence, project managers are able to achieve their goals using more flexible behavior strategies.

With project managers, different situations occur in life, therefore, it is very important to have the ability to interpret your emotions as negative and positive, in order to use your positive thinking to change your state. That's why it often happens in life that people who graduated from school with a gold medal and have diplomas on higher education do not reach professional heights perfectly, because they have not developed enough emotional intellect. IQ does not provide professional success, it is necessary to have a developed emotional intelligence.

Goleman is available to explain how the almond-shaped body, the emotional center of the brain, affects the activity of the cerebral cortex, which is responsible for logical thinking.

Goleman gives the following information in his book that the most effective project managers are those who can show feelings and mind towards subordinates.

Modern employers are increasingly inclined to employ those professionals who are quick to be guided in life situations, professional problems, are able to be active, take initiative in their own hands, optimistic about the ability to succeed, courageously and well-balanced approach to planning and implementation of work that can prove the case to logical completion, rebuild (to adapt quickly to changes in the design environment), if required by the right. The most successful in their activities are those people who skillfully combine the mind and emotions.

People with high emotional intelligence are:

- make decisions faster;
- operate more effectively in critical situations;
- better manage their subordinates, which, accordingly, promotes their career growth and prosperity of the structure in which they operate.

It is clear that the project manager needs to work with interested parties, subordinates, interacting with them, trying to understand their motives, reasons, or their actions. At the same time, "penetrating into the inner world" of colleagues, it is important not to become the victim of manipulation himself.

Simply purely intuitive is attracted to us by an interlocutor who listens carefully to us, understands our emotions and feelings, does not give any marks to our actions, does not torment us with advice "from our own lives", respects our opinion (even if he does not agree with us). Then there is a strange feeling of unity, a feeling that you are both - at one wave.

Detecting empathy with your interlocutor means to perceive the inner world of another, but without losing contact with oneself. This means that you must retain the ability to return to your world of emotions. If the shade "as if it is with me" (the key part - "like") disappears, then instead of empathy there is an identification with the emotional state of the interlocutor, you become infected with his emotions and experiences to the same extent as he. Empathy does not mean "putting yourself at the place of the interlocutor," it's not copying his feelings. Empathy is an attempt to look at things through the eyes of the interlocutor. Another very important point: one can feel empathy, even at the root of not agreeing with the point of view of the interlocutor. That is, you are capable of deep understanding of the feelings of the person with whom you speak, you distinguish your own emotions from those that arose in response to the emotions of the "other side" in the conversation. Empathy is not a formal logic or an appreciable reaction. Empathy promotes effective communication.

Project managers in their work constantly feel the need to understand the interlocutor as fully as possible.

This is felt during an interview with a potential candidate for a vacant position, in solving conflict situations, in the formation of a system of motivation, in the creation of project teams, in optimizing the number of staff, in the release of employees - in all these cases, the project manager is vital to listen and hear interlocutors.

For efficient and effective work with the personnel it is necessary to understand the essence of the real motives of the actions of the employee, the source of his interests, the causes of lies, the goals of isolation.

When forming a team (especially in the "storm" stage), various emotions are raging, which is extremely difficult to control and direct in a constructive way. It is worthwhile making a reservation. It is not about the phenomenon of nature, but about the five stages of team formation: formation, storm, normalization, execution and completion.

If we talk about "storms" in a very short way, then you can characterize it so. Initial optimism after a starting jerk gives way to pessimism, if not frightened by the tasks set. A sense of disappointment or disagreement about the goals, responsibilities in the project. And in order to achieve a general result, it is necessary not only to listen, but also to understand the point of view of each member of the team, to come to a common opinion, while avoiding a clash of interests and the collapse of the team.

If the company introduces a system of motivation based on an individual approach, then only through an empathic hearing (it is also called "active listening") it is possible to determine the internal motives of each employee, and, therefore, get to the point, making a specific motivational proposal to a

unique specialist, expert. And, as a consequence of the competent elaboration of the system of motivation, one can solve the problem of retaining the key specialists of the company. And in our time of high competition, the latter task is especially relevant: as a highly professional specialist, an expert can be a talented leader. Accordingly, when "good" people go, very often take away all their team. Usually emotional exchange occurs on a thin, almost imperceptible level. The ability to calm down the painful experiences of other people and the ability to communicate with the interlocutors, who are in absolute fairy tales, are indicators of higher skill. The only effective strategy is this: you need to deeply absorb the feelings of a person, and then adjust it to a more positive wave.

How to develop empathy? It is important to understand that it is closely related to other elements of emotional intelligence - the ability to recognize and control their own feelings. This should be learned first and foremost.

The transformational leader demonstrates empathy, motivation, self-consciousness and self-confidence. Goleman described the above subcomponents of emotional intelligence. Emotionally, intellectual leaders use empathy to connect to the emotions of other people they lead. These leaders sympathize with and also express emotions that are group experiences. Thus, the team feels that the leader understands it.

UDC 005.4: 001.89

## **MECHANISM FOR MANAGEMENT OF RESEARCH PROJECTS IN THE SYSTEM "UNIVERSITY–STATE–BUSINESS"**

V.M. Piterska

*Odessa National Maritime University*

As world experience shows, the progressive development of a state is impossible without an effective combination of the sphere of knowledge and high technologies. The decisive factor in improving the welfare, intellectual and spiritual potential of society is the constant deepening of knowledge in the field of scientific and technological development [1]. Therefore, it is important that at the state level the priority of support for innovation activity is determined as an integral part of the country's economic growth. In order to effectively create the conditions for realizing the intellectual potential of citizens in the field of scientific and technical activities, a purposeful policy should be pursued to ensure that the achievements of domestic and world science and technology are used to meet the social, economic, cultural and other needs of society. Intensive research and development on their basis of

new technologies, access to world markets with them and the deployment of international integration in the research and production sphere have actually become a strategic model of economic growth for developed countries [2]. Moreover, intellectual resources together with the latest technologies not only determine the prospects for economic growth, but also serve as an indicator of the level of economic independence and welfare of the country, its national status [3].

International practice has proven the feasibility of using the triple helix model, which combines the efforts of universities, business structures and government agencies in the implementation of innovative projects [4].

This paradigm assumes that knowledge and technology arise as a result of the actions of the university, business structures and the state, which overlap partially. It also implies that knowledge and technology are then transferred to the economy, which ultimately is the main driving force of innovation [5].

The system of cooperation between the university, state and business consists of a combination of public organizations, private enterprises and academic institutions (universities) that work together to implement effective innovation activities.

The participants represented form a triple university-business-state spiral system, which will be called the U-S-B system [6]. This system combines the processes of scientific activity, production and various forms of government regulation, which are in interaction with each other.

Proceeding from this, the purpose of such interaction of universities in the triple helix model involves the development of the scientific and technological complex and providing it with the necessary human resources through research, technology transfer to the economy and the formation of a belt of business companies around the university using appropriate state scientific management mechanisms.

Thus, the third mission of the university appears, which assumes a significant role in the socio-economic development of the region through effective innovation activities.

As a strategic goal of the university, most experts recommend using the competitiveness of the university. There are dozens of ratings in the world by definition of this indicator, however, at present there is no uniform methodological basis that would allow to fully take into account all aspects of the university's activities.

The international competitiveness of universities is associated primarily with the following factors: talented researchers, teachers and students, a wide resource base and an effective institution management system, including academic freedom and university autonomy; breakthrough scientific research,



the integration of research components in the educational activities of students; a highly developed system of state support for universities, state funding of scientific research and investment in the development of university infrastructure; productive cooperation with business, other organizations and graduates.

The complexity of implementing the U-S-B model is explained by the unequal goals of various participants.

Thus, the strategic goal of state institutions is to improve the quality of life of the population in the respective territories. The quality of life of the population is determined, on the one hand, by the composition and size of the needs for various life benefits (food, clothing, housing, transport, various public and household services, education, medical care, cultural and educational activities, etc.), the other is the possibility of satisfying them on the basis of offers on the market of goods and services, real incomes of people, their wages. In turn, the quality of life of the population is determined by the degree of efficiency of social production based on the use of scientific and technological progress, the scale of development and the quality of the service sector, the educational and cultural level of the population.

For business structures, the main indicators are economic efficiency (for example, NPV, profit, profitability, etc.) [7].

It is possible to take into account the interests of all groups of stakeholders in accordance with the P2M standard by combining various projects and processes of their activities into a common innovative program.

An innovation program will be understood as a set of projects united by a single goal – obtaining a socio-economic effect from the implementation of innovation results (implementation of an innovation product [6]).

If we consider the stage of the scientific activity of the university, then in the framework of the implementation of the innovation program there can be many scientific projects. However, the purpose of the university, which carries out innovative activities, is the inclusion in the portfolio of exactly those research projects, as a result of which the competitiveness of the university will be increased.

That is, in this case, the university manages a portfolio of research projects, which allows, based on the establishment of priorities, to effectively achieve the strategic goals of the organization, taking into account resource constraints.

This situation implies income from the implementation of a portfolio of research projects, as well as dividends from the patenting of the result already obtained from the implementation of scientific activities, which can be sent to new projects planned for future implementation by the organization.

Consequently, the university forms and manages a portfolio of research projects. At the same time, the research project is part of the innovation program.

### **Literature**

1. V. Burkov, S. Bushuyev, and K. Koshkin, "Creation and development of competitive project-oriented science-intensive enterprises," Nikolaev, Torubary E.S.Publ., 2011, pp. 126-148.

2. S. Bushuyev, "Mechanisms of formation of value in the activity of project-managed organizations," Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol.12 (43), 2010, pp. 4–9.

3. G. Itskovich, "Triple helix. Universities–Enterprises–State. Innovation in action," GUSUR, 2010, pp. 238–245.

4. S. Bushuyev, D. Bushuyev, and R. Yaroshenko, "Breakthrough competencies in the management of innovative projects and programs," Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic Management, Portfolio, Program and Project Management, vol. 1(1 (1277)), 2018, pp. 3–9.

5. S. Chernov "Synergistic effect of project management in high-tech production," Project Management and Production Development, East-Ukrainian National. University, 2005, vol. 3. pp. 57 – 62.

6. V. Piperska, S. Rudenko, and A. Shakhov, "Development of the Method of Forming of the Architecture of the Innovation Program in the System "University-State-Business",". International Journal of Engineering & Technology (UAE), 2018, vol. 7 (4.3), pp. 232–239.

7. V. Piperskaya, "Application of a project-oriented approach in the management of innovation activities," Bulletin of the National Technical University "KhPI", 2016, vol. 1 (1173), pp. 35–42.

UDC 519.8

## **PROBLEM OF FUZZY PORTFOLIO OPTIMIZATION AND ITS SOLUTION WITH APPLICATION OF FORECASTING**

Yuri Zaychenko

*Institute for Applied System Analysis, Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute*

For many years the classical theory of Markowitz was the main theoretical tool for optimal investment portfolio construction, after which most of the novel theories were only modifications of the basic theory. However, the global market crisis of recent years has shown that the existing

theory of investment portfolio optimization and forecasting stock indices exhausted itself and a revision of the basic theory of portfolio management is strongly needed.

New approach in the problem of investment portfolio construction under uncertainty is connected with fuzzy sets theory created about half a century ago in the fundamental work of Lotfi Zadeh [1]. The application of fuzzy sets technique enabled to create a novel theory of fuzzy portfolio optimization under uncertainty and risk deprived of drawbacks of classical portfolio theory by Markovitz.

The main source of uncertainty is changing stock prices of securities at the stock market as the decision on portfolio is based on current stock prices while the implementation of portfolio is performed in future and portfolio profitableness depends on future prices which are unknown at the moment of decision making. Therefore in order to raise the reliability of decision concerning portfolio and cut possible risk it's reasonable to forecast future prices of stocks.

The goals of this work are to review the main results in fuzzy portfolio optimization theory, to consider and analyze so-called direct and dual problem of optimization, to estimate the application of FGMDH for stock prices forecasting and to carry out experimental investigations for estimation of the efficiency of the elaborated theory.

## **II. Mathematical model of fuzzy portfolio optimization**

Let us consider a share portfolio from  $N$  components and its expected behavior at time interval  $[0, T]$ . Each of a portfolio component  $i = \overline{1, N}$  at the moment  $T$  is characterized by its financial profitableness  $r_i$  (evaluated at a point  $T$  as a relative increase in the price of the asset for this period) [3, 4]. Assume the capital of the investor be equal 1. The problem of share portfolio optimization consists in a finding of a vector of share prices distribution in a portfolio  $x = \{x_i\}, i = \overline{1, N}$  maximizing the income at the set risk level.

Let's state the main principles and ideas of a fuzzy portfolio optimization method [2,3]:

1. The risk of a portfolio is not its volatility, but possibility that expected profitableness of a portfolio will appear below some pre-established planned value.
  2. Correlation of stock prices in a portfolio is not considered.
  3. Profitableness of each security is not random but fuzzy number  $r_i$ .
- For  $i$ -th security denote:

$\bar{r}_i$  – the expected profitability of the  $i$ -th security;  $r_{li}$  – the lower border of profitability of the  $i$ -th security;  $r_{2i}$  – the upper border of profitability of the  $i$ -th security.  $r_i = (r_{li}, \bar{r}_i, r_{2i})$  – profitability of  $i$ -th security is a triangular fuzzy number.

Then profitability of a portfolio  $r$  is fuzzy number given as follows:

$$r = (r_{\min} = \sum_{i=1}^N x_i r_{li}; \bar{r} = \sum_{i=1}^N x_i \bar{r}_i; r_{\max} = \sum_{i=1}^N x_i r_{2i}) \quad (1)$$

where  $x_i$  is the weight of the  $i$ -th security in a portfolio (its ratio),

$$\sum_{i=1}^N x_i = 1, x_i \geq 0, i = \overline{1, N} \quad (2)$$

Critical level of profitability of a portfolio at the moment of  $T$  may be fuzzy triangular type number  $r^* = (r_1^*; \bar{r}^*; r_2^*)$  or non-fuzzy  $r^*$ .

To define structure of a portfolio which will provide the maximum profitability at the set risk level, it is required to solve the following problem [2]:

$$\tilde{r} = \sum_{i=1}^N x_i \tilde{r}_i \rightarrow \max \quad (3)$$

$$\beta(x) \leq \beta_{giv} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^N x_i = 1, x_i \geq 0, i = \overline{1, N}, \quad (5)$$

where  $r$  is a portfolio profitability,  $\beta_{giv}$  is a desired risk, vector  $X$  satisfies (2).

In [2] mathematical models for risk  $\beta(x)$  for different membership functions for fuzzy  $r_i$  were obtained.

### III. Dual portfolio optimization problem

Now consider the portfolio optimization problem dual to the problem (3)-(5) [2]:

$$\text{To minimize} \quad \beta(x) \quad (6)$$

$$\text{under conditions} \quad \sum_{i=1}^N x_i \tilde{r}_i \geq r_{3a\Delta} = r^* \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N x_i = 1, x_i \geq 0 \quad (8)$$

In [2], it was proved that the risk function  $\beta(x)$  is convex. So the dual problem to the problem (3)-(5) is convex programming problem. This

problem may be solved by standard methods of convex programming, for example method of feasible directions or method of penalty functions.

#### **IV. The experimental investigations**

The profitableness of leading companies at NYSE in the period from 03.09.2013 to 17.01.2014 were used as the input data in experimental investigations. The companies included: Canon Inc., McDonald's Corporation, PepsiCo, The Procter & Gamble Company, SAP AG. For forecasting share prices **fuzzy GMDH** method [2] was used with triangular membership functions, linear partial descriptions, training sample of 70%, forecasting for 1 step. Thus, as the result of application of FGMDH the stocks prices were forecasted to the end of 20-th week (17.01.2014). These data were used for construction of optimal portfolios. During investigations direct and dual problems of fuzzy portfolio optimization were solved and investigated under varying constraints on given risk value and different critical profitableness values  $r^*$ .

#### **V. Conclusion**

1. The problem of optimization of the investment portfolio under uncertainty is considered in this paper. The fuzzy-set approach for solving the direct and dual portfolio optimization problems was suggested and explored. The optimal portfolios for the five stocks at NYSE stock market were constructed and analyzed.

2. The problem of stock prices forecasting for portfolio optimization was also investigated. The fuzzy GMDH was applied for stocks profitableness forecasting at NYSE stock market in the problem of fuzzy portfolio optimization. The application of fuzzy GMDH enabled to decrease risk of the wrong decisions and to raise the reliability of decisions concerning portfolio content.

3. After analysis of the direct problem experiments it was detected that the dependence "profitableness – risk" has descending type, the greater risk the lesser is profitableness that is opposite to classical Markovitz model.

#### **Literature**

[1] Zadeh L.A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility [электронный ресурс]– Режим доступа: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=310820>

[2] M. Zgurovsky, Yu. Zaychenko. The Fundamentals of Computational Intelligence: System Approach. Springer International Publishing AG, Switzerland.-2016.-308p.

[3] Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций [электронный ресурс] – Режим доступа: [logic-bratsk.ru/radio/fuzzy/nedosek/book23.pdf](http://logic-bratsk.ru/radio/fuzzy/nedosek/book23.pdf).

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНО ПІЗЬОГО МОМЕНТУ ПОЧАТКУ ВИКОНАННЯ РОБІТ З МІНІМІЗАЦІЄЮ СУМАРНОГО ВИПЕРЕДЖЕННЯ ВІДНОСНО ДИРЕКТИВНИХ ТЕРМІНІВ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Д.О.Волошин, В.М.Клименко, О.Г. Жданова, М.О. Сперкач, О.А. Халус

*Національний технічний інститут України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна*

Сучасний світ потребує злагодженої та оперативної роботи в багатьох сферах, тому виникає необхідність у розв'язанні задач теорії розкладів.

Однією з таких задач є задача визначення найбільш пізнього моменту початку виконання робіт з мінімізацією сумарного випередження відносно директивних термінів виконання робіт.

У роботі розв'язується задача, де є одна машина, що є виконавцем, та власне роботи, які необхідно виконати. Базуючись на результатах, що отримані у даній задачі, можна дослідити варіанти з використанням декількох машин, що можуть виконувати роботи паралельно.

Задачі такого класу [1] використовуються у різних сферах, наприклад, у менеджменті, при управлінні проектами на підприємствах; у логістиці, при плануванні транспортних доставок та інше.

**Постановка задачі.** Задано множину незалежних робіт  $J = \{1, 2, \dots, n\}$ , кожна з яких складається з однієї операції. Для роботи  $j \in J$  визначені тривалість виконання  $p_j$  та директивний термін виконання  $d_j$ . Роботи надходять до системи одночасно. Переривання робіт не допускається. Процес виконання робіт є неперервним: після виконання першої по порядку роботи одразу ж розпочинається виконання другої, і так до тих пір, доки не будуть виконані всі роботи.

Необхідно знайти допустимий розклад, у якому:

- момент початку виконання робіт ( $r$ ) є максимально пізнім;
- сумарне випередження моментів завершення робіт відносно директивних термінів приймає мінімальне значення.

**Класифікація задач.** Типи задач були класифіковані за законом розподілу тривалостей та законом розподілу директивних термінів. Кожен розподіл має математичне сподівання (середнє значення) та дисперсія.

Вважається, що випадкові величини (ВВ) «тривалість роботи» та «директивний термін» мають рівномірний розподіл.

Відомо, що ВВ  $X$  рівномірно розподілена, якщо вона має таку функцію щільності ймовірностей [2]:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{якщо } x \in [a; b] \\ 0, & \text{якщо } x \notin [a; b] \end{cases}.$$

Умовний запис рівномірно розподіленої ВВ  $X : X \square U[a; b]$ , математичне сподівання дорівнює  $M(X) = \frac{b+a}{2}$ , дисперсія –  $D(X) = \frac{(b-a)^2}{12}$  [3].

Рівномірно розподілену ВВ  $X : X \square U[a; b]$  можна задавати і іншим способом, задавши середнє значення  $c = \frac{a+b}{2}$  та значення напівінтервалу  $f = \frac{b-a}{2}$ , що співвідноситься із дисперсією як  $f = 3\sqrt{D(X)}$ , тому його можна вважати мірою розкиду ВВ.

**Середнє значення тривалостей робіт.** Оцінювати тривалість  $\bar{p}$  робіт як «мала», «середня» та «велика» будемо з огляду на те, як вона співвідноситься із середнім значенням директивних термінів  $\bar{d}$ .

Класифікація задач по значенню середньої тривалості робіт  $\bar{p}$  наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Класифікація задач по значенню середньої тривалості робіт

Позначення підкласу	Інтервал значень
“ $S_{\bar{p}}$ ”	$\bar{p} \in [0.01\bar{d}; 0.05\bar{d}]$
“ $M_{\bar{p}}$ ”	$\bar{p} \in [0.06\bar{d}; 0.1\bar{d}]$
“ $L_{\bar{p}}$ ”	$\bar{p} \in [0.11\bar{d}; 0.15\bar{d}]$

Примітка. Крайні точки інтервалів підібрані з урахуванням результатів експериментів.

**Дисперсія тривалостей робіт.** Ще одним параметром, за яким проводиться класифікація задач, є дисперсія тривалостей робіт, яка характеризує ступінь розкиду значень тривалостей робіт відносно середнього значення.

Значення напівінтервалу  $f_p$  для розподілу тривалостей робіт будемо задавати як відсоток від середнього значення тривалостей  $\bar{p}$ . З огляду на це, задачі були розділені на три підкласи, що наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Класифікація задач по значенню дисперсії тривалості робіт

Позначення підкласу	Інтервал значень
“ $S_{fp}$ ”	$p \in [0.9\bar{p}; 1.1\bar{p}]$
“ $M_{fp}$ ”	$p \in [0.5\bar{p}; 1.5\bar{p}]$
“ $L_{fp}$ ”	$p \in [0.1\bar{p}; 1.9\bar{p}]$

**Характеристика директивних термінів.** Останній параметр класифікації – ступінь розсіювання директивних термінів. Визначимо значення напівінтервалу  $f_d$  для розподілу директивних термінів як відсоток від середнього значення директивних термінів  $\bar{d}$ , що наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Класифікація задач по значенню дисперсії директивних термінів

Позначення підкласу	Інтервал значень
“ $S_{fd}$ ”	$d \in [0.8\bar{d}; 1.2\bar{d}]$
“ $M_{fd}$ ”	$d \in [0.6\bar{d}; 1.4\bar{d}]$
“ $L_{fd}$ ”	$d \in [0.4\bar{d}; 1.6\bar{d}]$

**Кодування задач.** Було виділено 27 класів задач, кожен з яких означає середня тривалість виконання, дисперсія тривалості та дисперсія директивних термінів. Клас ( $A/B/C$ ) був представлений різною комбінацією значень ( $S$ ,  $M$  та  $L$ ) середньої тривалості робіт ( $A$ ), дисперсією тривалості робіт ( $B$ ) та дисперсією директивних термінів ( $C$ ).

**Експерименти для перевірки роботи алгоритму.** Було проведено по 200 експериментів для різної кількості робіт в задачах (від 5 до 8) та для різних підкласів задач, результатами яких було відношення кілько-



сті задач, де розроблений алгоритм дав таке ж саме сумарне випередження тривалості робіт, як і повний перебір, до загальної кількості задач.

Для перевірки роботи алгоритму складання розкладу був розроблений алгоритм генерації індивідуальних задач, який генерує набори робіт, значення тривалості виконання та директивних термінів яких визначають відповідні значення дисперсій.

До визначених класів задач були проведені експериментальні дослідження, результатами яких є ефективність роботи алгоритму складання розкладу по відношенню до методу повного перебору.

Для різної кількості робіт та класу задач отримали окремі значення відношення, що дозволяє дослідити тенденцію зміни ефективності алгоритму складання розкладу при зміні кількості робіт в задачі, дисперсій тривалостей і директивних термінів робіт. Була помічена тенденція погіршення ефективності алгоритму (у межах норми) при збільшенні значення дисперсій. Тому, алгоритм є досить ефективним в задачі, що розглядається.

**Висновок.** У роботі було проведено експериментальне дослідження, що підтвердило ефективність розробленого алгоритму розв'язання задачі порівняно з методом повного перебору.

## Література

1 Задача построения допустимого расписания с максимально поздним моментом запуска и минимальным суммарным опережением [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/sdtit\\_2015\\_2\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/sdtit_2015_2_3)

2 Равномерное распределение вероятностей [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://mathprofi.ru/ravnomernoe\\_raspredelenie\\_veroyatnostei.html](http://mathprofi.ru/ravnomernoe_raspredelenie_veroyatnostei.html)

3 Равномерный и нормальный законы распределения непрерывных случайных величин [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://edu.tltsu.ru/er/book\\_view.php?book\\_id=1cee&page\\_id=19506](http://edu.tltsu.ru/er/book_view.php?book_id=1cee&page_id=19506)

**НАУКОВЕ ВИДАННЯ**

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ  
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ  
МОДС 2019**

**XIV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
(ЧЕРНІГІВ-ЖУКІН, 24 - 26 ЧЕРВНЯ 2019 Р.)**

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

Головний редактор  
Технічний редактор  
Комп'ютерна верстка  
Друкар

І.С. Скітер  
М.М. Войцеховська  
В.В.Нехай

Набір комп'ютерний. Здано до друку 17.06.2016.

Підписано до друку 10.06.2017.

Формат 60x84 /16. Друк цифровий.

Умов. друк. арк. 29,75. Обл.-вид.арк. 20,51.

Наклад 120 прим. Зам. № 379/17.

Чернігівський національний технологічний університет  
14027, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
серія ДК № 4802 від 01.12.2014 р.