

4. J. R. Koza. Genetic Programming IV: Routine Human-Competitive Machine Intelligence / New York: Springer, 2005. – 606 p.

5. J. R. Koza. Genetic Programming II: Automatic Discovery of Reusable Programs / Boston: MIT Press, 1994. – 768 p.

УДК 681.518.3:528.92

**В.І. Зацерковний**, канд. техн. наук

Чернігівський державний інститут економіки і управління, м. Чернігів, Україна

## РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕГІОНАЛЬНОЇ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

*Виконано аналіз нагальних потреб управління територіями на рівні регіону (області), які вимагають методів та управлінських процедур, здатних функціонувати в умовах певної невизначеності. Сформульовано особливості моделей прийняття рішень у складних системах, якими є регіональні геоінформаційні системи. Здійснено оцінку рівня невизначеності об'єкта дослідження, на підставі якої зроблений висновок, що моделі прийняття рішень повинні будуватись на підставі використання методів декомпозиції і координатії.*

**Постановка проблеми.** Основним чинником, який забезпечує прийняття ефективних управлінських рішень у сучасних ринкових умовах, як на рівні керівника підприємства, так і на рівні управління регіону (області) і держави, є своєчасна та достовірна інформація. Оскільки практично вся інформація (80-85 %) про ресурси певного регіону має просторову прив'язку [1], то цілком очевидно, що базовою інформаційною технологією повинна виступати регіональна геоінформаційна система (ГІС).

Впровадження геоінформаційних технологій (ГІТ) у процес управління регіоном дозволяє не тільки значно спростити ведення інформаційних баз і знизити ймовірність виникнення помилок, але й впровадити нові методи підтримки прийняття управлінських рішень на основі аналізу даних дозволяє підняти його на якісно новий рівень і, врешті-решт, підняти їх ефективність.

Проблеми прийняття рішень в організаційному управлінні переважно унікальні й нестандартні, але вони у своїй ситуаційній основі мають такі загальні риси: неповторність ситуації вибору; складний для оцінювання характер досліджуваних альтернатив; недостатня визначеність наслідків дій (невизначеність післядій); наявність сукупності різно-рідних чинників, які необхідно враховувати під час прийняття рішень; наявність особи або групи осіб, які несуть відповідальність за прийняття управлінських рішень [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розвитку і становленню ГІС суспільство завдячує багатьом зарубіжним, радянським, пострадянським і вітчизняним ученим, серед яких: Дж. Данджермонд, Елті Дж., Калкінз Х., де Мерс, Томплінсон З.Ф., Берлянт О.М., Бугаєвський Л.М., Бурачек В.Г. [3], Бурштинська Х.В., Виноградов Б.В., Дорожинський О.Л., Железняк О.О., Іщук О.О., Кошкар'єв А.В., Капралов Є.Г., Корольов Ю.К., Тікунов В.С., Морозов В.В., Серединін Є.С., Могильний С.Г., Карпинський Ю.О., Лященко А.А., Світличний О.О., Суховірський Б.І., Швебс Г.І., Шипулін В.Д., Цветков В.Я. [4] та багато інших.

В їх працях підкреслена особлива роль ГІС у вирішенні нагальних проблем управління територіями. Завдяки дослідженням цих учених значно прискорилися процеси формування окремих геоінформаційних проектів, інфраструктури просторових даних, розробки теоретичних і практичних аспектів створення ГІС.

Розглядаючи регіональну ГІС, як мегапроект управління територіальним розвитком, доцільно відзначити, що спроби щодо розробок з теорії управління мегапроектами, де інструментарієм та інформаційною базою управління були б геоінформаційні системи, в науковій літературі дуже мало [4].

**Постановка завдання.** Розвиток та становлення ГІС і ГІТ в Україні, що почалися в останні роки, значно відстає від їх розвитку на Заході. Досвід створення ГІС в Україні обмежується окремими спеціалізованими системами, зорієнтованими на вирішення вузьких завдань для території рангу міста, адміністративного району. Багаторічний досвід створення та використання інформаційних систем управління в Україні показав, що комп'ютерні технології зазвичай поширюються на низових і середніх рівнях управління виробництвом та у невиробничій сфері. Тут характерною ознакою є формалізовані процедури підготовки управлінських рішень, тобто автоматизовані рутинні операції обліку та поточного планування [3].

Управління економічними і соціальними процесами вищого рівня вимагає методів та управлінських процедур, здатних функціонувати в умовах певної невизначеності. Тут об'єктами управління є слабоструктуровані чи неструктуровані проблеми, в яких не завжди означені взаємозв'язки та залежності між певними параметрами. А вироблення рішення великою мірою ґрунтується на творчому підході і залежить від інформативності, кваліфікації, таланту та інтуїції суб'єктів управління [5].

Усвідомлення ситуації, яка склалася, свідчить про актуальність питання розробки моделі прийняття рішень за допомогою регіональної ГІС (РГІС) Чернігівської області.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** ГІС дозволяють створити єдиний оптимально-організований інформаційний простір регіону, дають можливість здійснювати ефективний обмін інформацією між її власниками, оперативне інтегрування інформації в наукових і практичних цілях соціально-економічного розвитку за ієрархією адміністративних одиниць території.

Відповідно до особливостей складних систем, якою є РГІС, і тими ознаками, які характеризують систему, як складну, можна сформулювати особливості моделей прийняття рішень у складних системах [6; 8]:

1) Прийняття рішень у складних системах, якими є РГІС, являє собою багатомодельне дослідження.

2) Моделі прийняття рішень повинні будуватись з урахуванням факторів невизначеності впливів зовнішнього середовища.

3) Моделі прийняття рішень повинні враховувати різномірні суперечливі вимоги, що висуваються до системи.

4) РГІС має розгалужену ієрархічну систему. У такій системі здійснюється взаємопов'язане прийняття рішень у підсистемах різних ієрархічних рівнів.

Для інтегральної оцінки невизначеності стану об'єкта в процесі управління можна застосувати ентропію стану об'єкта дослідження (регіону):

$$H_0(X, t, \tau) = H_{P.B.}(X, t, \tau) + H_{П.В.}(X, t, \tau), \quad (1)$$

де  $H_{P.B.}(X, t, \tau)$  – ентропія, яка зумовлена наявністю ймовірності раптових «відмов» (надзвичайні ситуації, аварії, стихійні лиха тощо);  $H_{П.В.}(X, t, \tau)$  – ентропія, яка зумовлена наявністю ймовірності поступових «відмов» (погіршення екологічної ситуації, зростання соціальної напруженості тощо).

Ентропію  $H_{П.В.}(X, t, \tau)$  безперервного  $m$ -мірного диференціального закону розподілу ймовірностей вихідних параметрів можна визначити за формулою:

$$H_{П.В.}(X, t, \tau) = - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int f(X, t, \tau) \log_2 f(X, t, \tau) dX. \quad (2)$$

Якщо в цю формулу замість закону розподілу ймовірностей вихідних параметрів підставити закони розподілу динамічних характеристик об'єкта, то отримаємо відпові-

дно кількісну інтегральну оцінку стану об'єкта управління за його динамічними характеристиками.

При незалежних вихідних параметрах ентропія об'єкта визначається за формулами, які визначають ентропію динамічних характеристик з урахуванням їх незалежності.

Ентропію вихідних параметрів можна визначити за формулою:

$$H_{П.В.}(x_1, x_2, \dots, x_m, t, \tau) = \sum_{i=1}^m H_{П.В.}(x_i, t, \tau). \quad (3)$$

Ентропію, зумовлену наявністю в об'єкті дослідження дискретних систем, можна визначити за формулою:

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n, t, \tau) = -\sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i. \quad (4)$$

Таким чином, ентропія об'єкта управління, яка має незалежні вихідні параметри і динамічні характеристики різних систем, визначається простим арифметичним додаванням часткових ентропій, що зумовлені невизначеністю окремих вихідних параметрів і динамічних характеристик.

Ентропія  $H_{P.B.}(X, t, \tau)$  обумовлена багатьма непереважними один над одним незалежними процесами, які відбуваються у системах з різними швидкостями та які викликають раптові відмови, випадково розподілені у часі.

Ентропію, обумовлену наявністю раптових відмов, можна визначити за формулою:

$$H_{P.B.}(X, t, \tau) = -\{P_{P.B.}(X, t, \tau) \log_2 P_{P.B.}(X, t, \tau) + [1 - P_{P.B.}(X, t, \tau)] \log_2 [1 - P_{P.B.}(X, t, \tau)]\}, \quad (5)$$

де  $P_{P.B.}$  – імовірність відсутності раптових відмов.

При експонентному законі розподілу ймовірності безвідмовної роботи ймовірність того, що в нерезервованому об'єкті не відбудеться раптової відмови, визначається за формулою:

$$P_{P.B.}(X, t, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(Z, t, \tau) \exp\left\{-\sum_{i=1}^m \lambda(x_i, t, \tau) t\right\} dZ = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(Z, t, \tau) \exp\{-\Lambda(X, t, \tau)\} dZ, \quad (6)$$

де  $\lambda(x_i, t, \tau)$  – інтенсивність відмов  $i$ -ї системи;

$f(Z, t, \tau)$  – закон розподілу інтенсивностей зовнішніх збурень, які діють на системи об'єкта;

$$\Lambda(X, t, \tau) = \sum_{i=1}^m \lambda(x_i, t, \tau). \quad (7)$$

Імовірність відсутності раптових «відмов» об'єкта дослідження, що містить  $m$  систем, у тому числі  $\beta$  резервованих вузлів, з урахуванням закону розподілу зовнішніх факторів збурення в умовах управління може бути визначена за формулою:

$$P_{P.B.}(X, t, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(Z, t, \tau) \exp\left\{-\sum_{i=1}^m \lambda(x_i, t, \tau)\right\} \prod_{i=1}^B P_{P.B.}(x_j, t, \tau) dZ, \quad (8)$$

де  $P_{P.B.}(x_j, t, \tau)$  – імовірність відсутності раптових «відмов»  $j$ -ї резервованої системи.

Враховуючи наведене, можна зробити висновок, що моделі прийняття рішень повинні будуватись на підставі використання методів декомпозиції і координації.

Формально, з теоретико-множинних позицій модель  $M$  є відношенням (сукупністю відношень), заданих на сімействі  $m$  утворюючих множин, тобто

$$M = (X_1, X_2, \dots, X_m, R), \quad (9)$$

де  $R \in X_1 \times X_2 \times \dots \times X_m$  – граф відношення.

В умовах невизначеності впливу зовнішнього середовища математична модель прийняття рішень (1) може бути записана у вигляді:

$$M = (\Delta \times \Omega, f),$$

або

$$M = (\Delta(\omega), \omega \in \Omega), \quad (10)$$

де  $\Delta(\omega)$  – множина припустимих альтернативних рішень;

$\Delta(\omega) \in \Delta \times \Omega$ , де  $\Delta$  – власне множина альтернативних рішень;

$\Omega$  – множина станів середовища;

$f$  – цільова функція, яка характеризує якість рішень в умовах впливу середовища  $f : \Delta \times \Omega \rightarrow R1$ , тоді  $f = f(x, \omega)$ ,  $x \in \Delta$ ,  $\omega \in \Omega$ .

Прийняття рішень полягає у виборі альтернативи  $x \in \Delta$ , в припущеннях про те, який стан  $\omega \in \Omega$  може прийняти середовище.

Дослідження процесів прийняття рішень під час управління РГІС свідчать, що інформація про стан зазначеної системи, яка опрацьовується й аналізується в умовах складної соціально-економічної системи (СЕС), якою є регіон, представлена у більшості випадків у вигляді понять і відношень, які задаються на природній або професійно-орієнтованій мовах. Одним з конструктивних способів формального опису ситуацій, пов'язаних з невизначеністю прийняття рішень, є спосіб формалізованого подання, яке ґрунтується на нечіткому (розмитому) описі основних елементів формалізованого подання ситуації прийняття рішень.

Реалізація підходу ухвалення рішень в умовах невизначеності складається з трьох етапів [7]:

- 1) фазифікація – перехід від точних даних вирішуваної задачі до нечітких на основі вхідних функцій приналежності;
- 2) розв'язання задачі з використанням нечітких міркувань (нечіткої логіки);
- 3) дефазифікація – перехід від нечітких інструкцій до чітких на основі вихідних функцій приналежності.

Загальна модель ухвалення рішень використовує нечіткі моделі, які хоч і мають меншу ефективність для параметрів, що розраховуються, але зберігають її майже постійною у широкому діапазоні зміни значень параметрів. Таким чином, у цільову функцію, крім дискретних і кількісних чинників, доцільно включити й лінгвістичні. Тоді в рамках лінгвістичного підходу ситуація ухвалення рішень, під якою розуміють умови і цілі, що описуються фразами, відповідають термам з терм-множин лінгвістичних змінних, введених для формалізованого опису ситуації [7].

Основою для розв'язання задачі з використанням нечіткої логіки є база правил, що містить нечіткі вислови у формі «якщо-то» і функції приналежності для відповідних лінгвістичних термів. Відомим методом декомпозиції, який реалізує цей підхід є метод дерева рішень. У результаті застосування цього методу, для навчальної вибірки даних створюється ієрархічна структура правил класифікації типу – «якщо...тоді...», що мають вид дерева [8]. Для того щоб вирішити, до якого класу віднести певний об'єкт або ситуацію, потрібно відповісти на відповідь, що стоїть у вузлах цього дерева, починаючи з його кореня. Питання можуть мати вигляд «значення параметра А більше Х»? або вигляду «значення змінної В належить підмножині ознак С»? Якщо відповідь позитивна, то здійснюється перехід до правого вузла наступного рівня, якщо негативна – то до лівого вузла; потім знову відповідь питання, пов'язане з відповідним вузлом. Таким чином, врешті-решт можна дійти до одного з кінцевих вузлів, де буде визначений клас об'єктів [8].

Для побудови дерева рішень на етапі підготовки визначаються елементи:

- фактори (чинники)  $X_1, X_2, \dots, X_k$ ;
- тип факторів (дискретний, лінгвістичний, кількісний);
- можливі значення кожного фактору  $O_1, O_2, \dots, O_n$ ;
- класи об'єкта.

Побудова моделі зводиться до розв'язання задачі автоматичної класифікації, оскільки результат має дискретні значення.

Нехай через  $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$  позначені класи (значення мітки класу), тоді можливі 3 ситуації:

1. Множина  $T$  містить один або більше прикладів, що відносяться до одного класу  $C_k$ . Тоді дерево рішень для  $T$  – це лист, який визначає клас  $C_k$ ;

2. Множина  $T$  не містить жодного прикладу, тобто є пустою множиною. Тоді це знову лист і клас, який асоційований з листом, обирається з іншої множини, відмінної від  $T$ , наприклад з множини, асоційованої з батьком;

3. Множина  $T$  містить приклади, що відносяться до різних класів. У цьому випадку необхідно множину  $T$  розбити на певні підмножини. Для цього обирається одна з ознак, що має два або більше відмінних значень  $O_1, O_2, \dots, O_n$ . Множина  $T$  розбивається на підмножини  $T_1, T_2, \dots, T_n$ , кожна підмножина  $T_i$  містить усі приклади, які мають значення  $O_i$  для обраної ознаки. Ця процедура буде рекурсивно тривати до тих пір, поки кінцева множина не буде складатись з прикладів, що відносяться до одного класу.

Отже, загальна модель буде виглядати таким чином:

$$M = f(X_1, X_2, \dots, X_k), \quad (11)$$

де  $X_k$  – фактор, який описується вектором можливих значень  $X_k = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$ ;

$$M - \text{результат ухвалення рішень, } M = \begin{cases} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_k \end{cases}$$

Розглянемо підхід до ухвалення рішень на підставі дерева цілей:

Етап 1. Обрати фактори  $X_k$ , за якими буде прийматися рішення, і визначити для кожного вектор можливих значень  $X_k = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$ .

Етап 2. Визначити класи  $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$  – альтернативні рішення.

Етап 3. Задати початкову вибірку – множину  $T$ , у якій відображена історія поведінки користувача.

Етап 4. Побудова дерева рішень. Необхідно розбити множину  $T$  на підмножини  $T_1, T_2, \dots, T_n$ , для обраної ознаки  $O_i$ . Процедура буде рекурсивно тривати до тих пір, поки кінцева множина не буде складатись з прикладів, що відносяться до одного і того ж класу.

Якщо в процесі роботи був отриманий вузол, асоційований з пустою множиною (тобто жоден приклад не попав у цей вузол), то він позначається як лист, і рішенням цього листа обирається клас, який найчастіше зустрічається у безпосереднього прабатька цього листа.

Етап 5. Ухвалення рішень, які відповідають класу  $C_k$ .

Цей підхід дозволяє реалізувати ухвалення рішень в умовах невизначеності у складних РГІС. Дерева рішень є ефективним інструментом у системах підтримки ухвалення рішень й інтелектуального аналізу даних. У галузях, де є високою ціна помилки, вони можуть слугувати відмінним засобом підвищення якості розпізнавання, класифікації і прогнозування під час використання мінімальної кількості діагностичних прецедентів [9].

**Висновки дослідження.** Управлінські дії завжди з процесами виявлення, розпізнавання територіальних об'єктів (процесів, явищ). Тому наявність вбудованої в РГІС системи підтримки й прийняття рішень (СППР) дозволить аналізувати інформацію, яка надходить до РГІС у режимі реального часу і видавати особі, що приймає рішення (ОПР) цілісне уявлення (виражене у графіках, моделях, цифрах) про ситуацію в регіоні. Такі системи можуть ефективно використовуватись при різноманітних управлінських операціях, діях і заходах різного виду і масштабів, моделюванні заходів з попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій тощо.

Запропонований підхід до ухвалення рішень в умовах невизначеності на основі дерева цілей, заснований на математичній моделі, в якій використовуються лінгвістичні змінні, надає можливість спростити процес прийняття рішень і наблизити його до розуміння ОПР. За рахунок цього можуть істотно розширюватись функціональні можливості технології прийняття рішень у РГІС.

### Список використаних джерел

1. Геоинформатика / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарёв, В. С. Тикунов [и др.] – М.: Академия, 2005. – 480 с.
2. Тихонов А. Н. Методы решения некорректных задач: учеб. пособие для вузов / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
3. Бурачек В. Г. Основы ГИС / В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, В. І. Зацерковний. – Ніжин: Аспект-Поліграф, 2011. – 512 с.
4. Цветков В. Я. Основы геоинформатики: электронный учебник / В. Я. Цветков. – М.: М-во общ. и проф. образования РФ. Центр информатизации, 1998. – 627 с.
5. Зацерковний В. І. Методика створення еталонних моделей місцевості просторових об'єктів ГІС за допомогою комбінаторного алгоритму / В. І. Зацерковний, С. В. Кривоберець, Ю. С. Сімакін // Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки». – 2010. – № 45. – С. 206-213.
6. Зацерковний В. І. Методика створення еталонних моделей просторових об'єктів ГІС за допомогою регуляризуючого функціоналу / В. І. Зацерковний, С. В. Кривоберець, Ю. С. Сімакін // Вісник ЧДТУ. Серія «Технічні науки». – 2011. – № 1 (47). – С. 240-246.
7. Бочарников В. П. Fuzzy-технологія: математические основы. Практика моделирования в экономике / В. П. Бочаров. – СПб.: «Наука» РАН, 2011. – 328 с.
8. Балашов О. В. Система поддержки принятия решений с адаптацией алгоритма вывода / О. В. Балашов, Е. М. Грубник, В. В. Круглов // Математическая морфология. – 2006. – № 1. – С. 12-18.
9. Цветков В. Я. Методы прогнозирования в геоинформационных технологиях / В. Я. Цветков // Информатика-машиностроение. – 1999. – № 4. – С. 44-47.

УДК 004.056.5 (045)

**Б.Я. Корнієнко**, канд. техн. наук,

**О.К. Юдін**, д-р техн. наук

**В.С. Величко**

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

## КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛАСУ «1»

*Стаття присвячена порівнянню двох комплексних систем захисту інформації в автоматизованих системах класу «1». Проведено аналіз функцій і складових комплексних систем захисту інформації. Виконано порівняння засобів захисту інформації двох систем та розглянуто особливості їх застосування.*

У сучасних умовах інформатизації суспільства не викликає сумніву необхідність захисту інформаційних ресурсів. Однією з найбільш важливих особливостей інформації є можливість існування в різноманітних формах та здатність поширюватися по різних