

УДК 004.94

Ю.О. Олійник, асистент

Національний технічний університет України «КПІ», м.Київ, Україна

ВИБІР ЗАСОБІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ З СИСТЕМОЮ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНИМИ ФІНАНСАМИ

Досліджено можливості засобів імітаційного моделювання щодо вирішення завдань середньострокового бюджетного планування та інтеграції з системою управління державними фінансами. Формалізовано вимоги до засобів імітаційного моделювання. Проведено аналіз відповідності засобів імітаційного моделювання вимогам системи управління державними фінансами. Створено та обґрунтовано архітектуру програмного рішення з інтеграції засобів імітаційного моделювання та системи управління державними фінансами. Показано, що одним з найкращих інструментальних засобів імітаційного моделювання для вирішення завдань середньострокового бюджетного планування є AnyLogic, а серед безкоштовних програмних засобів може бути використаний Repast.

Постановка проблеми

Наша країна переходить на середньострокове бюджетне планування державного та місцевих бюджетів. У рамках впровадження системи управління державними фінансами (СУДФ) [3] необхідно розробити методології сценарного середньострокового бюджетного планування. Міністерством фінансів сформовано ряд вимог щодо сценарного бюджетного планування та формування прогнозів:

- розробка методології сценарного середньострокового бюджетного планування;
- СУДФ повинна забезпечувати введення, обробку, зберігання макроекономічних та бюджетних даних та індикаторів, прогнозних показників, планів, які надходять протягом року;
- СУДФ повинна забезпечувати введення інформації (електронні таблиці, текстові документи тощо) за допомогою автоматизованих процедур імпортування документів;
- СУДФ повинна підтримувати сценарний розрахунок даних на підставі даних внутрішньої інформаційно-аналітичної бази та бази прогнозів;
- СУДФ повинна ресструвати або формувати (генерувати) кілька версій прогнозів та забезпечувати їх порівняльний аналіз;
- СУДФ повинна надавати можливість окремого прогнозування доходів, видатків, кредитування та фінансування зведеного та державного бюджетів (у розрізі відповідних бюджетних класифікацій) на три роки, наступні за проектним;
- СУДФ повинна підтримувати прогнозний розрахунок місцевих бюджетів за визначеною структурою та консолідацією за рівнями бюджетів;
- користувачі повинні працювати з СУДФ лише через веб-інтерфейс;
- для обміну даними між СУДФ та іншими системами повинні бути розроблені відповідні веб-сервіси (у форматі XML).

Реалізацію сценарного бюджетного планування пропонується виконати засобами імітаційного моделювання (далі ІМ), а формування прогнозів – за рахунок інтелектуального пошуку корисної інформації (Data Mining). У роботі Олійника Ю. О. було обґрунтовано доцільність МГУА для прогнозування бюджетних показників [2]. Дослідження застосування інших засобів Data Mining винесена за рамки даного дослідження.

Цілі дослідження

Дослідити можливості інтеграції інструментальних засобів ІМ з СУДФ для вирішення завдань сценарного середньострокового бюджетного планування. Створити архітектуру інтеграції програмного рішення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У сучасному імітаційному моделюванні сформувалися і найбільш широко застосовуються три основні підходи: дискретно-подійне моделювання, системна динаміка і агентне моделювання. Слід зазначити, що якщо традиційні підходи в імітаційному моделюванні практично не отримали суттєвого розвитку за останні 40 років, то в розробці програмних систем відбулися революційні зміни, які радикально змінили принципи роботи зі складними системами. У Томашевського В.М. [12] докладно описано програмні комплекси iThink та Stella, інтерактивний пакет для моделювання Simulink, об'єктно-орієнтований пакет SIMPLE++, мови GPSS, SIMSCRIPT та інші. У роботі Нгуен Ши Данга наводиться детальний огляд чотирьох систем ІМ – Process Charter, Powersim, Ithink та Extend+BPR [4]. У роботі [5] наводиться детальний огляд більше ніж 50-ти систем ІМ за такими критеріями: типові області та основні ринки для застосування, графічні можливості та можливості програмування, типи моделювання, що підтримуються та інше. У роботі [6] проведено дослідження засобів ІМ для бюджетної системи України та обґрунтовано вибір засобу ІМ, орієнтованого на системну динаміку. У той же час у даних роботах не проведено детального аналізу щодо можливостей інтеграції систем ІМ з системами класу СУДФ.

Виклад основного матеріалу

Ефективне вирішення завдань середньострокового бюджетного планування державного та місцевих бюджетів ґрунтується на основі економіко-математичних методів і моделей. Згідно з аналізом останніх досліджень для вирішення цих завдань найкраще підходять засоби ІМ, орієнтовані на системну динаміку, крім того можуть бути використані засоби, що підтримують агентне моделювання.

Виходячи з постановки проблеми та аналізу останніх досліджень, наведемо вимоги до інструментальних засобів ІМ:

- підтримка сценарного підходу;
- підтримка системної динаміки або агентного моделювання;
- бажана можливість працювати через веб-інтерфейс;
- бажана можливість взаємодії через веб-сервіси;
- інтеграція з внутрішньою інформаційно-аналітичною базою (ІАБ) та базою прогнозів (далі БП) СУДФ;
- можливість завантаження даних з електронних таблиць, текстових документів тощо.

Опис джерел даних, що надходять до СУДФ. Великий обсяг інформаційних показників буде продукуватись у СУДФ спеціалістами Міністерства фінансів України та місцевих фінансових органів, розпорядниками та одержувачами бюджетних коштів, Державного казначейства України, Головної контрольно-ревізійної служби. Крім того, для забезпечення всіх функцій СУДФ необхідно поповнювати даними з інших джерел, наприклад, макроекономічними, прогнозними показниками соціально-економічного розвитку на середньострокову перспективу.

Також необхідна інтеграція з зовнішніми системами, такими як банківська система (СЕП), «Управління державним боргом» та іншими.

Опис програмної архітектури СУДФ. Основу СУДФ на рівні державного та місцевих бюджетів складають системи класу «Казна», що експлуатуються на рівні державного казначейства та АІС «Держбюджет» та ІАС «Місцеві бюджети», що експлуатуються на рівні Міністерства фінансів та місцевих фінансових органів. Для централізованого доступу передбачається впровадження веб-порталу як єдиної точки входу та функціонування, а також аналітичної платформи, що включає формування сховища даних усіх показників. Архітектура розробленого рішення для прогнозування показників уже розглядалась у роботі Олійника Ю.О. [2].

Обґрунтування вибору інструментальних засобів ІМ. За результатами аналізу останніх досліджень та вимог до засобів ІМ вибрано 5 продуктів для дослідження можливості інтеграції з СУДФ: iThink / Stella, AnyLogic, Vensim, PowerSim, Repast.

Stella / iThink. Програмні комплекси Stella і iThink підтримують дискретно-подійний та системно-динамічний підходи моделювання. В зазначених системах моделюються фінансові потоки, які завдяки візуальному інтерфейсу представлені у вигляді наочної схеми та графічних діаграм [5]. Пакети можна використовувати в єдиному комплексі з електронними таблицями і базами даних завдяки можливості імпорту-експорту даних до файлів формату CSV, XLS. Це забезпечується режимом DDE (dynamic data exchange), який забезпечує обмін даними в реальному масштабі часу.

Переваги:

- візуалізація моделювання;
- підтримка авторського моделювання;
- розвинені засоби аналізу чутливості, що забезпечують автоматичне багаторазове виконання моделі з різними вхідними даними;
- підтримка безлічі форматів вхідних даних;
- детальна навчальна програма та документація;
- версії для Windows та Macintosh.

Недоліки:

- складна система позначень Systems Dynamics;
- висока вартість продукту.

Vensim. Пакет Vensim являє собою інструмент для візуального моделювання, що підтримує розробку концептуальної моделі, документування, власне моделювання, аналіз результатів та оптимізацію моделей динамічних систем. Це простий і гнучкий засіб для побудови імітаційних моделей систем з причинно-наслідковими зв'язками, фондами і потоками. Пакет має графічний редактор для побудови моделей, а також розвинені засоби візуалізації поведінки моделі. Інтеграція з іншими системами (C/C++ API, Java API, VB API, ODBC) відбувається через механізм DLL.

Переваги:

- простий графічний інтерфейс;
- візуалізація моделювання;
- безліч вбудованих функцій і можливостей, які полегшують створення моделі;
- версії для Windows та Macintosh.

Недоліки:

- висока вартість продукту;
- невелика кількість вбудованих математичних функцій.

PowerSim. Powersim призначений для побудови неперервних і частково дискретних моделей. Фактично дозволяє «малювати» динамічні моделі (створювати діаграми), тобто здійснювати візуальне моделювання. Powersim Constructor (PSC) має ще одну перевагу – можливість обміну даними з різними застосуваннями. Таке управління здійснюється за допомогою макросів, що реалізують механізм динамічного обміну даними (DDE). Powersim інтегрується з ERP фірми SAP. У Powersim можлива інтеграція з реляційними БД, Microsoft Excell, C++, VB, ASP, HTML API, існує SDK [6].

Переваги:

- безліч вбудованих функцій і можливостей;
- візуалізація моделювання;
- підтримка багатокористувацьких моделей для колективної роботи (Simulation Engine Server);
- засоби обробки масивів спрощують створення моделей з подібними компонентами;
- версії для Windows та Macintosh.

Недоліки:

- складна система позначень Systems Dynamics;
- обмежена підтримка дискретного моделювання;
- для роботи моделей необхідна установка PSC;
- обмін інформацією між програмними застосуваннями і PSC уповільнює моделювання і підвищує ризик псування або втрати даних;
- існують такі моменти в імітаційному моделюванні, які PSC реалізуються з труднощами або не реалізуються взагалі;
- висока вартість продукту.

Repast. The REcursive Porous Agent Simulation Toolkit (Repast) [8] є провідним відкритим і вільним джерелом бібліотек для масштабного агентного моделювання.

Repast має складний вбудований планувальник, який підтримує дискретно-подійне моделювання. Repast дозволяє використовувати великий набір комунікаційних механізмів з різноманітними топологіями взаємодії, включає повний набір утиліт для зберігання і відображення стану агентів. У систему також включені утиліти для автоматичної інтеграції як з комерційними, так і вільно доступними географічними інформаційними системами (ГІС). Repast базується на мові Java та платформі Microsoft.NET і на скриптах Python, він повністю об'єктно-орієнтований. У Repast можлива інтеграція з Java API, C++ API, існує SDK.

Переваги :

- візуалізація моделювання;
- кросплатформений;
- безкоштовний продукт.

Недоліки :

- відсутність підтримки системної динаміки.

AnyLogic. AnyLogic дозволяє робити не тільки системно-динамічне моделювання, але також агентне, дискретно-подійне та їх комбінацію. AnyLogic фактично дозволяє «малювати» динамічні моделі (створювати діаграми), тобто здійснювати візуальне моделювання [7].

Модель в AnyLogic наочна та інтерактивна, набір підтримуваних AnyLogic графічних інструментів досить різноманітний. Модель в AnyLogic є Java-додатком і може бути розміщена в мережі як аплет. Відмінність AnyLogic від інших існуючих рішень у тому, що модель повністю самостійна і не потребує встановлення на веб-сервер спеціального програмного забезпечення. Це гнучкий інструмент імітаційного моделювання, що пропонує великий арсенал засобів опису структури, поведінки і даних модельованої системи, а також можливість додати вираз, оператор, функцію або бібліотеку на мові Java. AnyLogic – система з відкритою архітектурою. Моделі, побудовані в AnyLogic, можуть працювати з будь-яким офісним або корпоративним ПЗ, а також з користувацькими модулями, написаними на різних мовах. Модель може динамічно читати і зберігати дані в електронних таблицях, базах даних, системах планування корпоративних ресурсів та управління взаємовідносинами з клієнтами, а також бути вбудованою у виробничий або контур управління (Java API, Excel/Access, SDK, ODBC, JDBC).

Переваги:

- безліч вбудованих функцій і можливостей;
- не потребує встановлення на веб-сервер спеціального програмного забезпечення;
- візуалізація моделювання;
- підтримка авторського моделювання;
- підтримка 2D і 3D анімації;
- кросплатформений.

Недоліки:

- висока вартість продукту;

- високі вимоги до апаратного забезпечення.

Оцінка відповідності засобів ІМ вимогам СУДФ. Для оцінки відповідності систем імітаційного моделювання вимогам СУДФ запропоновано бальне оцінювання. Ваги показників визначаються за 5-ти бальною шкалою. Для показника «Можливість працювати через веб-інтерфейс» береться максимальна оцінка 2 бали, оскільки це обов'язкова вимога. Показник «Підходи, що підтримуються» визначає підходи моделювання, що підтримує засіб ІМ. Показник «Інтеграція з ІАБ та БП СУДФ» визначає можливості програмних інтерфейсів інтеграції, включаючи веб-сервіси. Показник «Можливість завантаження з електронних таблиць та текстових документів» визначає можливості засобу ІМ завантажувати електронні таблиці та документи.

Таблиця 1

Відповідність систем імітаційного моделювання вимогам СУДФ

Інструментальні засоби імітаційного моделювання	Підходи, що підтримуються	Інтеграція з ІАБ та БП СУДФ	Можливість завантаження з електронних таблиць та текстових документів	Можливість працювати через веб-інтерфейс	Підсумкова оцінка
iThink / Stella	3	2	4	0	9
AnyLogic	5	5	5	2	17
Vensim	3	4	5	0	12
PowerSim	3	5	5	2	15
Repast	3	3	4	2	12

За результати оцінювання найвищу оцінку отримав AnyLogic, що має широкі засоби моделювання, візуалізації, інтеграції, підтримує найбільшу кількість підходів моделювання. Особливістю PowerSim є наявність розроблених засобів інтеграції з продуктами SAP, що є значною перевагою під час реалізації СУДФ на платформі промислової ERP-системи. Vensim та Repast отримали однакову кількість балів. Але враховуючи безкоштовність Repast, він є більш привабливим засобом ІМ, що може легко бути інтегрований у СУДФ засобами API та SDK.

Обґрунтування вибраної програмної архітектури з інтеграції засобів ІМ та СУДФ. Взаємодію засобів ІМ з СУДФ пропонується реалізувати через інтеграцію з такими програмними компонентами архітектури [3], як :

- інтеграційна платформа призначена для забезпечення обміну між всіма модулями СУДФ;
- портална платформа, що забезпечує єдине вікно для роботи з СУДФ;
- сховище даних аналітичної платформи, що буде містити всі очищені та готові для аналізу дані;
- модуль прогнозування та аналізу.

Виходячи з аналізу можливостей засобів ІМ та архітектури [3], наведемо наступні програмні інтерфейси для інтеграції ІМ та компонент СУДФ:

- зі сховищем даних на рівні обміну даними через інтерфейси ODBC та JDBC;
- з порталною платформою на рівні Java аплетів та/чи ASP та HTML;
- з інтеграційною платформою на рівні інтерфейсів ODBC, JDBC та програмних інтерфейсів API;
- з модулем прогнозування та аналізу на рівні програмних інтерфейсів API та на рівні ODBC та JDBC.

Архітектура інтеграційного рішення з деталізацією програмних інтерфейсів наведена на рисунку 1. На даний момент жодний з вищеперахованих засобів ІМ не підтримує SOA архітектуру. Тому реалізацію інтеграції на рівні веб-сервісів необхідно проєк-

тувати як реалізацію сценаріїв для інтеграційної платформи, а також і доопрацювати можливості засобів ІМ щодо підтримки SOA архітектури.

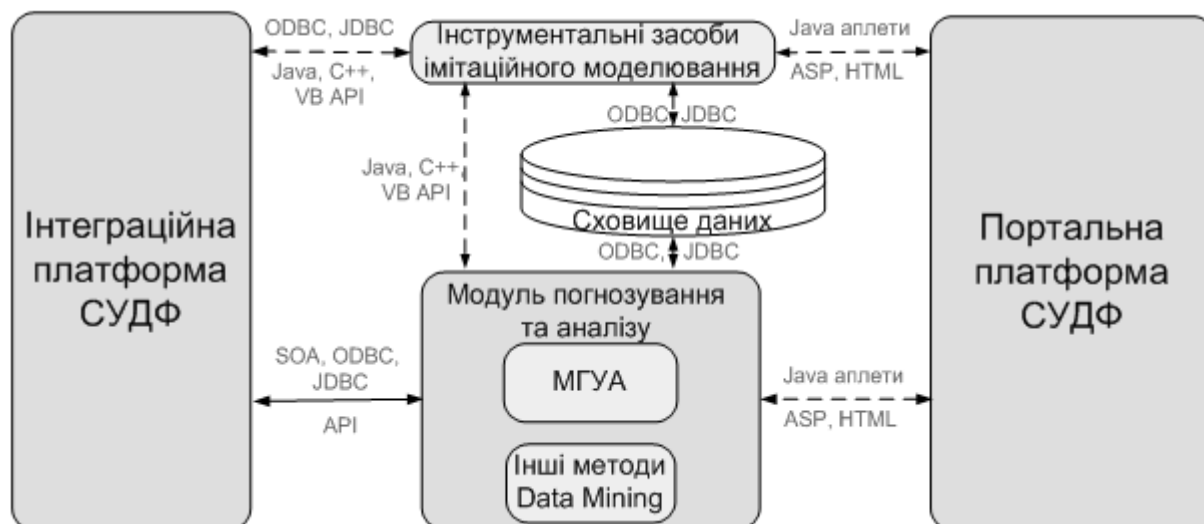


Рис. 1. Програмна архітектура інтеграції засобів ІМ та СУДФ

Висновки

Формалізовано вимоги до засобів ІМ для вирішення завдань середньострокового бюджетного планування та інтеграції з СУДФ.

Проведено аналіз засобів ІМ та визначено, що основними можливостями для інтеграції є програмні інтерфейси API, Java-аплети, ASP та інтеграція з базами даних на рівні інтерфейсів ODBC та JDBC.

Проведено оцінку відповідності засобів ІМ вимогам СУДФ та показано, що одним з найкращих інструментальних засобів імітаційного моделювання для вирішення завдань середньострокового бюджетного планування є AnyLogic. Цей засіб кросплатформений, має широкі можливості моделювання та засоби інтеграції з іншими системами. Серед безкоштовних програмних засобів Repast визначається широкими можливостями інтеграції та агентного моделювання.

Створено та обґрунтовано архітектуру програмного рішення з інтеграції засобів ІМ та СУДФ.

Перспективами подальших робіт є дослідження ефективності застосування агентних моделей для вирішення завдань середньострокового бюджетного планування та інших завдань бюджетного планування та аналізу. Крім того, необхідно провести дослідження реалізації взаємодії засобів ІМ з підтримкою системної динаміки та агентного моделювання через механізм веб-сервісів.

Список використаних джерел

1. Олейник Ю.А. Применение метода группового учета аргументов с оператором сдвига для прогнозирования финансовых показателей местных бюджетов/ Олейник Ю.А., Томашевский В.Н., Виноградов А.Н. // Проблемы управления и информатики. К.: Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, 2008. – № 3. – С.143-151.

2. Олійник Ю.О. Прогнозування за методом адаптивного МГУА з застосуванням технології розподілених обчислень / Ю.О. Олійник, О.М. Виноградов, К.М. Красовський // Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій: матеріали Міжнародної наукової конференції (ISDMIT'2007) (14-18 травня 2007 року, Євпаторія). Том 2. – Херсон: Видавництво Херсонського морського інституту, 2007. – С. 78-80.

3. Олійник Ю.О. Формування державних механізмів розвитку інформатизації на рівні управління державними фінансами / Ю.О. Олійник // Інтелектуальні системи прийняття

решений и проблемы вычислительного интеллекта: материалы международной научной конференции ISDMCI'2011 (Евпатория, 2011). Том 2. – Херсон: ХНТУ, 2011. – С. 370-374.

4. Нгуен Ши Данг Выбор средства имитационного моделирования для бюджетной системы Украины / Нгуен Ши Данг // Моделювання та керування станом еколого-економічних систем регіону. – 2006. – Випуск 3. – С. 198-211.

5. Сайт компанії ISEE Systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iseesystems.com/Softwares/Business/ithinkSoftware.aspx>.

6. Сайт компанії Powersim Software [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.powersim.com/main/products___services/powersim_products.

7. Сайт компанії XJ Technologies [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.xjtek.ru/anylogic/overview>.

8. Сайт продукту Repast [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://repast.sourceforge.net/docs.html>.

9. Сайт системи Vensim [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.vensim.com/documentation.html>.

10. Simulation Software Survey [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/Simulation/Simulation.html>.

11. Сравнение четырех пакетов имитационного моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://masters.donntu.edu.ua/2006/fvti/strelets/library/sravnenie_4_paketov_imit_simulation.htm.

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