

Фінанси і банківська справа

УДК 004.457:[336.76:303.094.7]

В.М. Гужва

Імітаційне моделювання банківської діяльності: агентно-орієнтований підхід

Розглядаються приклади задач із банківської сфери, що можуть бути вирішені шляхом імітаційного моделювання, проводиться стислий порівняльний аналіз сучасних парадигм імітаційного моделювання (системна динаміка, динамічні системи, дискретно-подійне та агентне моделювання). Основна увага в роботі приділена агентно-орієнтованому підходу – описується суть такого підходу, обґрунтовується доцільність його використання при дослідженні і вивченні процесів в бізнес-сфері, наводяться приклади інструментальних засобів реалізації та окреслюються класи задач в сфері банківської діяльності, які можуть вирішуватися за допомогою агентно-орієнтованого моделювання.

Ключові слова: імітаційне моделювання, системна динаміка, динамічні системи, дискретно-подійне моделювання, агент, банк, агентно-орієнтоване моделювання банківської діяльності.

Імітаційне моделювання та його основні парадигми. Імітаційне моделювання являє собою процес побудови узагальненої комп'ютерної моделі системи з алгоритмічним описом основних правил її поведінки та процесів. Імітаційна модель, як правило, створюється для відповіді на питання «що, якщо ...», тобто для дослідження можливих сценаріїв розвитку системи при варіації певних параметрів. Після створення моделі з нею проводять численні комп'ютерні симуляції – імітаційні експерименти. Під час них проходить ітераційний процес уточнення або відкидання гіпотез, що використовувалися для опису системи. Такий підхід дозволяє отримати аналог експерименту в економіці, соціології, екології, при розв'язанні задач оптимізації і планування в бізнесі.

Імітаційну модель можна розглядати як безліч правил, які визначають процеси функціонування певної системи та її переходів з одного тимчасового стану в наступний. Ці правила можуть визначатися будь-яким доступним для комп'ютера способом – у вигляді блок-схем, диференціальних рівнянь, діаграм станів, автоматів, мереж. Імітаційні моделі, як правило, менш формалізовані, ніж аналітичні, система описується «як вона є», в термінах, максимально наближених до реальних.

Можливі приклади задач зі сфери банківської діяльності, що можуть бути розв'язані за допомогою імітаційного моделювання, наведені в табл. 1.

На сьогодні в імітаційному моделюванні склалися чотири самостійні парадигми – *системна динаміка, динамічні системи, дискретно-подійне та агентне моделювання* [1-3]. Вони відповідають різним рівням абстракції при створенні моделі, що обумовлює застосування того чи іншого підходу. Прийнято розрізняти три рівні абстракції: високий (стратегічний), середній (тактичний) і низький (оперативний) (рис. 1).

Таблиця 1

Перелік деяких задач зі сфери банківської діяльності, які можна розв'язувати за допомогою імітаційного моделювання

№ п.п.	Назва задачі	Опис задачі
1.	Управління поточною ліквідністю банку	Вагомою складовою поточної ліквідності банківської організації є залишки на кореспондентських рахунках. Великі залишки ведуть до зниження прибутковості, але підтримуються кредитними організаціями через ризик втрати ліквідності, а також необхідність проведення поточних платежів. Не можна забувати і про те, що поведінка частини статей, що впливають на стан ліквідності, має стохастичний характер. Відсутність моделей їх прогнозування призводить до зайвих процентних витрат чи недоотримання прибутку. Імітаційна модель аналізує поточний стан залишків на кореспондентських рахунках, транзакції щодо вхідних та вихідних платежів, а також очікування запитів клієнтів і становить щоденний баланс залишків, який максимізує прибутковість і забезпечує задану затримку за поточними платежами.
2.	Організація роботи мережі банкоматів	При роботі мережі банкоматів неминуче виникають простой в роботі – під простом розуміється стан терміналу з порожньою касетою. У цьому випадку клієнт отримує відмову за запитом видачі готівки. Іншою небажаною ситуацією є тривале знаходження грошей в касеті, яка сигналізує, що в банкоматі знаходиться надлишкова сума. Імітаційна модель вирішує комплексне завдання: визначення графіка і достатнього обсягу поповнення терміналів, а також оптимізацію шляху проходження інкасаторів, які поповнюють термінали. На вході моделі задається карта терміналів, для кожного терміналу задається поточний залишок і інтенсивність використання. На виході моделі формується розклад (черговість і графік) поповнення терміналів, а також суми поповнення.
3.	Прогнозування фінансового результату і КРІ банку	Так чи інакше, будь-який банк прогнозує фінансовий результат і його зміну при тих чи інших управлінських рішеннях, наприклад, збільшення кредитного портфеля при зниженні процентної ставки за кредитом. Імітаційна модель дозволяє отримати точніший прогноз фінансового результату, а також вирішити оптимізаційні задачі вибору найбільш ефективних управлінських рішень. Аналізується динаміка агрегованих показників фінансового результату на часовому обрії моделювання для обраного сценарію поведінки ринку та управління активами – пасивами.
4.	Оцінка виконання бюджету банку	Актуальним завданням є прогноз фінансових показників діяльності банку за квартал і рік і порівняння їх з бюджетним завданням на відповідний період. В якості фінансових показників можуть бути використані: чиста процентна маржа (Net Interest Margin), середня рентабельність капіталу (ROAE), прибуток до активів (ROA), витрати до доходів (Cost / Income), депозити до кредитів (Deposit / Loans), зростання чистого доходу (Growth in Net Income). Розрахунок фінансових показників може бути проведений шляхом моделювання управлінського балансу банку на необхідному часовому періоді. Вхідними параметрами моделі виступають сценарії темпів зростання (зменшення) статей управлінського балансу (кредити, депозити, волатильні поточні кошти клієнтів тощо), зміна процентних ставок, номінальних термінів фінансових інструментів.
5.	Аналіз бізнес-процесів та управління персоналом	Зарплата персоналу – одна з основних статей витрат будь-якого підприємства. Тому перед великими організаціями з філіальною структурою, наприклад банками, що працюють з фізичними особами, стоїть завдання організації бізнес-процесів. Приклад такого завдання – визначити кількість операціоністів, необхідну для ефективного функціонування банківського офісу. Якщо операціоністів недостатньо, клієнти не будуть користуватися послугами офісу через довгі черги та необхідність очікування. Якщо перестрахуватися і найняти людей «з надлишком», то банк ризикує побудувати неефективний бізнес з високими витратами. За допомогою імітаційної моделі можна проаналізувати необхідну кількість персоналу залежно від часу доби і скласти ефективне розклад роботи. Можливі різні критерії ефективності роботи, найчастіше банк прагне мінімізувати витрати на утримання філії за рахунок зменшення числа співробітників і просторів у їх роботі, контролюючи при цьому середній час очікування клієнта. Складання розкладу є особливо актуальним, враховуючи те, що один і той же персонал може бути задіяний в різних процесах.



Рис. 1. Додатки імітаційного моделювання на шкалі рівня абстракції

На низькому рівні моделюється поведінка окремих об'єктів, але, на відміну від фізичного моделювання, використовуються не точні траєкторії і час, а їх усереднені або стохастичні значення. На цьому рівні прийнято вирішувати завдання, пов'язані з пішохідним рухом, транспортом, комп'ютерними системами. На середньому рівні абстракції зазвичай оперують з розкладами, затримками, потужностями і ємностями, фізичне переміщення при цьому не аналізується. Тут абстрагуються від індивідуальних властивостей об'єктів моделювання (людей, машин, товарів) і в основному розглядають їх потоки. Характерними завданнями цього рівня є системи масового обслуговування, моделі бізнес-процесів, логістика. На високому рівні абстракції в моделі, як правило, відсутні індивідуальні об'єкти самі по собі, а оперують лише з їх кількістю і агрегованими показниками. На даному рівні моделюються проблеми ринкової рівноваги, соціально-економічного розвитку міст, екологічні процеси тощо (рис. 2).

Агентне моделювання. Четвертою парадигмою в імітаційному моделюванні є агентне моделювання (Agent Based Modeling) (далі АМ). Агент являє собою індивідуалізований активний об'єкт, який може позначати людину, транспортний пристрій, компанію, населений пункт. Залежно від того, який об'єкт відображає собою агент, модель може відповідати високому рівню абстракції (агент – компанія, країна), середньому (агент – транспортна одиниця), низькому (агент – окрема людина) або поєднувати декілька рівнів. Таким чином, дана парадигма є найуніверсальнішою. Основною відмінністю агентного підходу від перших трьох є побудова моделі за принципом знизу – вгору. Залежності між агрегованими величинами не задаються, виходячи зі знань про реальний світ, а утворюються в процесі моделювання індивідуальної поведінки десятків, сотень або тисяч агентів, їх взаємодії один з одним та з об'єктами, що моделюють навколишнє середовище. Наприклад, дослідження ринку відбуватиметься не в поняттях сукупного попиту і пропозицій, а в моделі будуть закладені можливі реакції окремої людини на зміну ціни, її споживчі характеристики.



Рис. 2. Підходи в імітаційному моделюванні на шкалі рівня абстракції

В агентів з'являється можливість «спілкуватися» між собою, обмінюватися інформацією, уподобаннями, впливаючи тим самим на поведінку один одного. Модель може враховувати просторові характеристики, взаєморозташування агентів один до одного та до об'єктів навколишнього середовища.

До переваг агентного підходу слід віднести:

- 1) відсутність визначеності в поведінці системи на глобальному рівні, що може призвести до появи нових гіпотез про її функціонування в ході симуляції моделі;
- 2) реалізм і гнучкість у описі системи, можливість моделювати найскладніші нелінійні зворотні зв'язки, використовувати будь-який необхідний рівень деталізації та абстракції.
- 3) у АМ відсутні обмеження на гетерогенність елементів моделі;
- 4) з'являється можливість моделювання спілкування та обміну інформацією.

До потенційних бар'єрів для побудови агентної моделі слід віднести, по-перше, наявність адекватних даних. Як правило, зібрати статистику щодо характеристик індивідуальних об'єктів складніше, ніж за агрегованими показниками. По-друге, доведеться визначити логіку поведінки окремого агента в термінах, доступних для обробки комп'ютером. Якщо це складний об'єкт, наприклад, людина, то доводиться моделювати такі ірраціональні речі, як психологію поведінки, вибору, звички. У процесі імітаційних експериментів можуть виникнути обчислювальні складності, оскільки агентні моделі в середньому вимагають більших апаратних і програмних потужностей для проведення симуляцій, ніж системна динаміка або дискретно-подійне моделювання.

Інструменти агентного моделювання. Агентний підхід виник у 90-х роках минулого століття спочатку в університетському середовищі США. У зв'язку з цим більшість інструментів призначалася для академічних і навчальних цілей, багато з них досі не є комерційними продуктами повною мірою. Однією з найпопулярніших розробок такого типу є середовище Swarm (www.swarm.org) – колекція бібліотек для мови програмування С, створена в інституті Санта-Фе.

Найвідомішими комерційними інструментами є середовища Ascape, RePast, Mason, AnyLogic та ін. [4; 5].

Застосування агентного моделювання. Агентний підхід є наймолодшим і тому найменш знайомим вітчизняним фахівцям. Розглянемо деякі приклади успішного застосування агентного моделювання в бізнесі.

Бізнес-проблематику, де успішно застосовується агентний підхід, можна розділити на 4 класи.

До *першого* належать завдання з різного роду потоками. Вони можуть складатися з людей (проблеми пропускнуої здатності приміщень, евакуації), одиниць транспорту (моделювання міського трафіку, планування аеропортів, вокзалів). Часто для цього застосовується дискретно-подійний підхід. Якщо ж об'єкти моделювання занадто різняться або необхідно врахувати їх просторове взаєморозташування, то використання агентного підходу є доцільнішим.

Другий клас задач відноситься до моделювання ринків, споживчих або фінансових. Агентний підхід дозволяє зробити акцент на індивідуальні переваги, стереотипи поведінки споживачів при виборі ними продуктів і послуг.

Окремо виділяють задачі моделювання інновацій в бізнесі, їх початкового поширення на ринку (*третій* клас).

До *четвертого* класу відносяться завдання, пов'язані з оптимізацією організаційної структури, бізнес-процесів та зниженням операційних ризиків.

Можливі варіанти використання агентно-орієнтованого моделювання в банківській діяльності. До числа задач зі сфери банківської діяльності, для вирішення яких доцільно використовувати агентно-орієнтоване моделювання, можна віднести, наприклад, такі:

1) вимірювання та мінімізація операційних ризиків управління активами банку;

2) оцінка результату від виведення на ринок нових продуктів або здійснення рекламних компаній. Однією з поширених областей застосування імітації є оцінка результату від здійснення маркетингових заходів. Типовими завданнями є оцінка прибутковості і ризиків виведення на ринок нових продуктів (наприклад, нового кредитного пропозиції) або оцінка ефективності рекламних компаній. Для вирішення цих завдань доцільно застосовувати агентне моделювання, при цьому описується типове індивідуальну поведінку одного клієнта (агента) і на основі групи взаємодіючих один з одним агентів можна оцінити ефект від реалізації заходу.

3) оцінка вартості продуктів з підвищеним рівнем ризику. Актуальним на сьогоднішній день практичним завданням є оцінка вартості (процентної ставки) банківських продуктів з підвищеним рівнем ризику, наприклад, депозитів з можливістю дострокового часткового зняття або поповнення, кредитів з можливістю дострокового погашення. Додаткові можливості призводять до збільшення процентного ризику і ризику ліквідності, які повинні бути скомпенсовані зниженням процентної ставки для депозитів і збільшенням процентної ставки за кредитами. Розрахунок відхилення процентних ставок при різних сценаріях поведінки ринку і клієнтів може бути проведений за допомогою імітаційного моделювання, зокрема шляхом використання агентного підходу.

Для дослідження та аналізу систем будь-якої складності використовується моделювання. До числа його основних видів належить аналітичне та імітаційне моделювання. Імітаційне моделювання своєю чергою включає в себе чотири

основних класи (парадигми) – системну динаміку, дискретно-подійне моделювання, динамічні системи та агентне моделювання.

Як показує аналіз, найуніверсальнішим та найефективнішим методом моделювання економічних процесів та систем є агентне моделювання (АМ). Конкретно в статті пропонується використовувати АМ для вирішення ряду задач зі сфери банківської діяльності.

Список використаних джерел

1. Борщев А. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты / А. Борщев. – Режим доступа : www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf.
2. Gordon G. A General Purpose Systems Simulation Program // McMillan NY, Proceedings of EJCC, Washington D.C., 1961, p. 87–104.
3. Forrester J. Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. Harvard Business Review, 1958, vol. 36, №.4, p. 37–66.
4. General software and toolkits. Agent_Based Computational Economics (ACE) and Complex Adaptive Systems (CAS). – Режим доступа: www.econ.iastate.edu/tesfatsi/acecode.htm.
5. Dunham J.B. An Agent_Based Spatially Explicit Epidemiological Model in MA-SON. // Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2005, vol. 9, no. 1.

Гужва В.М. Имитационное моделирование банковской деятельности: агентно-ориентированный подход.

Рассматриваются примеры задач из банковской сферы, которые могут быть решены путем имитационного моделирования, проводится краткий сравнительный анализ современных парадигм имитационного моделирования (системная динамика, динамические системы, дискретно-событийное и агентное моделирование). Основное внимание в работе уделено агентно-ориентированному подходу – описывается суть такого подхода, обосновывается целесообразность его использования при исследовании и изучении процессов в бизнес-сфере, приводятся примеры инструментальных средств реализации и определяются классы задач в сфере банковской деятельности, которые могут решаться с помощью агентно-ориентированного моделирования. Ключевые слова: имитационное моделирование, системная динамика, динамические системы, дискретно-событийное моделирование, агент, банк, агентно-ориентированное моделирование банковской деятельности.

Huzhva V.M. Simulation Modelling of Bank Activity: the Agent-Oriented Approach.

The examples of banking sector problems, which can be solved by simulation modelling, are considered, a brief comparative analysis of contemporary paradigms of simulation modelling (system dynamics, dynamical systems, discrete-event and agent modeling) is conducted. The main attention is paid to the agent-oriented approach – the essence of this approach is described, the expediency of its use in studying and research processes in business activity is substantiated, the examples of implementation tools are given and the classes of problems in banking sphere, which can be solved with the help of agent-based modelling, are presented.

Key words: simulation modelling, system dynamics, dynamic systems, discrete-event modelling, agent, bank, agent-oriented modelling of bank activity.

Надійшло 02.09.2010 р.