

Імітаційні моделі динаміки в діяльності банку

Доведено доцільність використання методів імітаційного моделювання для опису процесів, які проходять в рамках фінансово-банківських інститутів, а саме, для встановлення закономірностей поведінки фінансових показників і динаміки фінансових ресурсів.

The expediency of using simulation methods to describe the processes that take place within the financial and banking institutions, namely, to establish patterns of behavior and dynamics of financial indicators of financial resources.

Ключові слова: імітаційна модель, фінансовий ресурс, моделі динаміки ресурсів.

Вступ. Розглянемо проблеми спільного використання імітаційних методів у рамках деякої єдиної системи, яка виконує функції прогнозування, моніторингу і формування ресурсів банку [1]. Актуальність цих завдань не викликає сумнівів, оскільки від успішності їх вирішення безпосередньо залежать перспективи практичної реалізації, зокрема ефективності прийняття управлінських рішень.

На даний час у вітчизняній і світовій науці значний внесок у вивчення вказаних питань зроблений такими вченими, як Багриновский К., Бланк І., Вітлінський В., Геєць В., Гренджер К., Каблук М., Кизим М., Клебанова Т., Конюховський П., Павлюк К., Парзен Е., Хенкок Д. та ін.

Однак, зважаючи на надзвичайно високий рівень складності, різнобічності та різноплановості досліджуваних об'єктів, зв'язків і відношень між ними, наукові дослідження присвячені проблемам використання імітаційного моделювання при дослідженні фінансових ресурсів банків є не повністю досконалими і потребують подальшого доопрацювання.

Постановка проблеми: Принциповим недоліком всіх теоретико-математичних моделей є їх зосередженість (локалізація) на відносно обмеженому колі характеристик описуваних об'єктів. Виділення такого кола із цілісної сукупності властивостей, характерних поведінці фінансових інститутів,

Русин Р.С., кандидат економічних наук, доцент кафедри економічної кібернетики, Прикарпатського національного університету ім. В.Стефаника (м. Івано-Франківськ)

і, відповідно, абстрагування від всіх інших їх особливостей є необхідною умовою побудови економічної моделі об'єкту, для аналізу якої можна коректно застосувати наявний математичний апарат. При невиконанні цих вимог існує ризик отримати модель, яка адекватно відтворює реальність, але, на жаль, є непрактичною. Таким чином, адекватність і практичність моделі є своєрідними полюсами, між якими потрібно шукати “золоту середину”.

Достатньо ефективним засобом вирішення даної дилеми є імітаційне моделювання, за допомогою якого можна дослідити будь-який об'єкт на базі так званої імітаційної моделі [2]. Під імітаційною розуміється така модель, яка, маючи іншу в порівнянні з вихідним об'єктом природу, одночасно володіє набором подібних властивостей (імітує його), що, зрештою, дозволяє перенести отримані результати, при роботі з моделлю, на сам об'єкт. Характеристичною властивістю імітаційних моделей є можливість проведення на їх базі експериментів (багато разів повторюваних дослідів з випадковими або псевдо випадковими результатами). Результатами такого “програвання” моделей, як правило, є оцінка значень функціональних (операційних) характеристик імітованої системи.

У переважній більшості випадків практична реалізація імітаційних моделей здійснюється у формі програмного забезпечення для ЕОМ. Очевидно, що подібна форма роботи з ними володіє такими перевагами як гнучкість, швидкодія, можливість багатоваріантного аналізу поведінки досліджуваного об'єкту при відносно невеликих затратах.

Типова ситуація, в якій виявляється ефективним застосування апарату імітаційного моделювання, характеризується відсутністю явних аналітичних розв'язків, громіздкістю і непрацездатністю класичних математичних моделей. У подібних умовах представляється доцільним спробувати описати властивості і закономірності поведінки системи, що вивчається, у вигляді деяких алгоритмів і реалізувати їх у формі програмного забезпечення для обчислювальної машини.

Нескладно відмітити, що подібна ситуація виникає при роботі з моделями діяльності банків. Конструктивним виходом представляється поєднання алгоритмів, побудованих на базі локальних і часткових аналітичних моделей, в рамках інтегрованої імітаційної моделі, що дозволяє в комплексі оцінити передбачувані напрями розвитку банку і супроводжуючі даний процес якісні і кількісні ефекти [3-5].

Результати: Серед основних етапів процесу імітаційного моделювання можна виділити:

➤ *аналіз характеристик і закономірностей функціонування керованого об'єкту:* виділення на змістовному рівні системи обмежень (ресурсних, фізичних, законодавчих, соціальних тощо), визначення показників вимірювання і оцінки результатів, формулювання цілей і проблем розвитку;

➤ *побудова імітаційної моделі:* перехід від реального об'єкту до логічних схем і алгоритмів (моделей), які імітують його поведінку, формальна постановка завдань, які можна вирішити в рамках імітаційної моделі;

➤ *підготовка системи даних для моделі:* розробка інформаційного забезпечення необхідного для функціонування імітаційної моделі, у тому числі визначення структури і способів представлення даних, джерел їх отримання, форм і режимів зберігання, установка взаємозв'язків і взаємозалежностей між різними масивами даних;

➤ *програмна реалізація імітаційної моделі:* створення на основі логічних схем, алгоритмів, описів і представлень даних, розроблених на попередніх етапах, програмних продуктів для ЕОМ, які забезпечують можливість безпосередньої практичної експлуатації моделі;

➤ *оцінка адекватності моделі:* зіставлення результатів, накопичених в процесі дослідної експлуатації моделі, з інформацією, отриманою від реального імітованого об'єкту, виявлення і аналіз розбіжностей і (при необхідності) внесення коректив у модель;

➤ *проведення імітаційних експериментів:* очевидно, що даний етап є цільовим (зادля нього і будується імітаційна модель). Він включає в себе стратегічне і тактичне планування експериментів, власне експериментування ("програвання моделі"), яке завершується інтерпретацією отриманих результатів і прийняттям на їх основі рішень з формування ресурсів банку.

Стратегічне планування імітаційного експерименту націлене на вирішення питань якісного плану. До таких, наприклад, можуть відноситися формулювання гіпотези про характер залежностей між параметрами моделі або ж вибір конкретних методів дослідження їх взаємовпливу.

Тактичне планування експерименту пов'язане з визначенням способів і умов його проведення. Типовими завданнями тактичного планування є вибір початкових значень для параметрів моделі або ж визначення порядку (послідовності) їх варіювання.

Одним з найбільш важливих моментів в процесі роботи з імітаційною моделлю є аналіз її чутливості. Під ним розуміється визначення ступеня мінливості значень цільових показників моделі по відношенню до коливань вхідних параметрів. Так, якщо при відносно невеликих змінах початкових даних відбуваються значні зміни в результатах моделювання, то це є достатньою підставою для додаткових детальніших досліджень взаємозв'язків між відповідними змінними.

До позитивних якостей методів імітаційного моделювання можуть бути віднесені:

- надання дослідникові можливостей спостерігати як кінцевий результат функціонування досліджуваного об'єкту, так і самого процесу функціонування, що приводить об'єкт до даного результату;
- широкі перспективи з часового масштабування процесів життєдіяльності модельованих об'єктів;
- забезпечення багатоваріантності досліджень;
- багатофункціональність імітаційних моделей, що полягає в можливостях гнучкого вибору і подальшим модифікаціям системи цілей і критеріїв, що ставляться при проведенні імітаційних експериментів.

Водночас, перераховуючи безперечні переваги імітаційних моделей, не можна одночасно не звернути увагу на властиві їм недоліки:

➤ Оскільки імітаційні моделі за своєю природою є усього лише засобом для проведення деякого чисельного експерименту, то результати, що отримують за їх допомогою є нічим іншим, як окремі випадки (можливі варіанти) розвитку модельованого об'єкту. Відповідно, всі висновки і рекомендації, які робляться на їх базі, носять евристичний характер і в певних випадках можуть істотно спотворювати дійсне становище речей.

➤ У багатьох випадках отримання оцінки ступеня близькості (або невідповідності) між імітаційною моделлю і реальним об'єктом є дуже проблематичним.

➤ У переважній більшості випадків в основі процесу імітації лежить деякий статистичний експеримент, в ході якого застосовуються деякі генератори псевдовипадкових величин. Похибка, об'єктивно властива таким генераторам, може вносити значні спотворення результатів, які отримують в ході "програвання" моделей.

Підсумовуючи загальні аспекти використання методів імітаційного моделювання для опису процесів, які проходять в рамках фінансово-банківських інститутів, не можна не звернути уваги на зворотну дію, що є результатом, який отримуємо у рамках імітаційних експериментів на теоретичні економіко-математичні моделі. Дійсно, аналіз і узагальнення накопичених в ході імітаційних експериментів даних достатньо часто дозволяють краще зрозуміти якісні закономірності, властиві поведінці керованих об'єктів, і відобразити їх в аналітичному виді. Останнє припущення додатково підкреслює справедливність того факту, що успішне розв'язання задач формування ресурсів банку має на увазі комплексне застосування цілісної системи моделей і методів, як теоретико-аналітичної, так і емпіричної природи.

Для опису закономірностей поведінки багатьох фінансових показників і ресурсів можуть успішно застосовуватися дискретні стохастичні моделі [3], проте, слід відзначити, що отримання результатів в аналітичній формі (наприклад, явного виразу для прогнозу обсягу ресурсу на момент t) є можливим лише для вузького кола частинних модифікацій таких моделей. Крім цього, подібна можливість, як правило, безпосередньо замикається на прийнятті достатньо жорстких припущень про те, що всі елементарні прирости (коефіцієнти елементарних приростів) є реалізаціями однієї і тієї ж випадкової величини.

Альтернативний підхід до вивчення динаміки фінансових ресурсів [4], що реалізує ідеологію імітаційного моделювання, полягає у вивченні властивостей сукупності серій їх значень, що отримують в ході багатократних повторень деякого чисельного експерименту, який імітує процес переходу досліджуваного ресурсу від теперішнього моменту t до суміжного моменту $t + 1$.

“Платою” за перехід до такої технології досліджень будуть певні втрати в математичній строгості і “аналітичності” отримуваних на виході висновків. Однак, як правило, вона значною мірою компенсується перевагами, пов'язаними з відмовою від жорстких і важко виконуваних умов і, навпаки, точнішим урахуванням специфіки модельованого об'єкту. Більш того, з погляду конкретної практики принципове значення мають достовірність і точність прогнозованих оцінок, а не спосіб їх розрахунку (на основі аналітичного виразу або за допомогою чисельної процедури).

Вище відзначено можливість умовного поділу досліджуваних фінансових ресурсів на первинні (базові), тобто такі, динаміка яких пояснюється впливом

явно випадкових чинників, які не можна виділити, і вторинні (залежні, похідні), які не випадково залежать від первинних. Спочатку зупинимося на питаннях побудови імітаційних моделей окремо взятих первинних ресурсів, а потім перейдемо до проблем імітації поведінки системи взаємозалежних систем фінансових ресурсів і показників.

Безпосереднім результатом роботи імітаційної моделі фінансового ресурсу є серія його значень, які співставляються із заздалегідь вибраною часовою шкалою. Вплив зовнішнього середовища, що визначає умови, в яких існує досліджуваний ресурс, як правило, задаються у формі екзогенних параметрів [5].

На етапі побудови імітаційної моделі, тобто при переході від реального об'єкту до імітуючих його логічних схем і алгоритмів, необхідно задати систему виразів, що формалізують процес генерації вихідних значень.

У нашому випадку цю функцію цілком успішно можуть виконувати наступні моделі динаміки ресурсів:

$$x_t = \alpha_t + x_{t-1} + \sum_{j=0}^n (a_j \cos(\omega_j t) + b_j \sin(\omega_j t)), \quad (1)$$

$$x_t = \alpha_t x_{t-1} + \sum_{j=0}^n (a_j \cos(\omega_j t) + b_j \sin(\omega_j t)), \quad (2)$$

де $\omega_j = \frac{2\pi j}{n}$.

Очевидною причиною, яка обумовлює різноманіття ситуацій, в яких будуть корисні моделі (1) і (2), є можливість вибору між типом тренда. До їх переваг також слід віднести:

- можливість гнучкого налаштування на властивості імітованого ресурсу за рахунок вибору як класу розподілу випадкової величини $\tilde{\alpha}$, так і її параметрів (наприклад, m і s^2 у випадку нормального розподілу [5]);

- вибрана форма представлення динаміки імітованого ресурсу дозволяє комплексно враховувати як неперіодичні закономірності, так і закономірності, які володіють циклічною природою.

Екзогенними параметрами запропонованої імітаційної моделі виступають:

- по-перше, параметри стохастичних елементарних приростів (коефіцієнтів елементарних приростів), наприклад, у випадку, коли вони

вважаються реалізаціями нормальної (логарифмічно нормальної) випадкової величини, середнє (m) та дисперсія (s^2);

Принципова схема організації імітаційної моделі окремого фінансового ресурсу представлена на рис. 1.

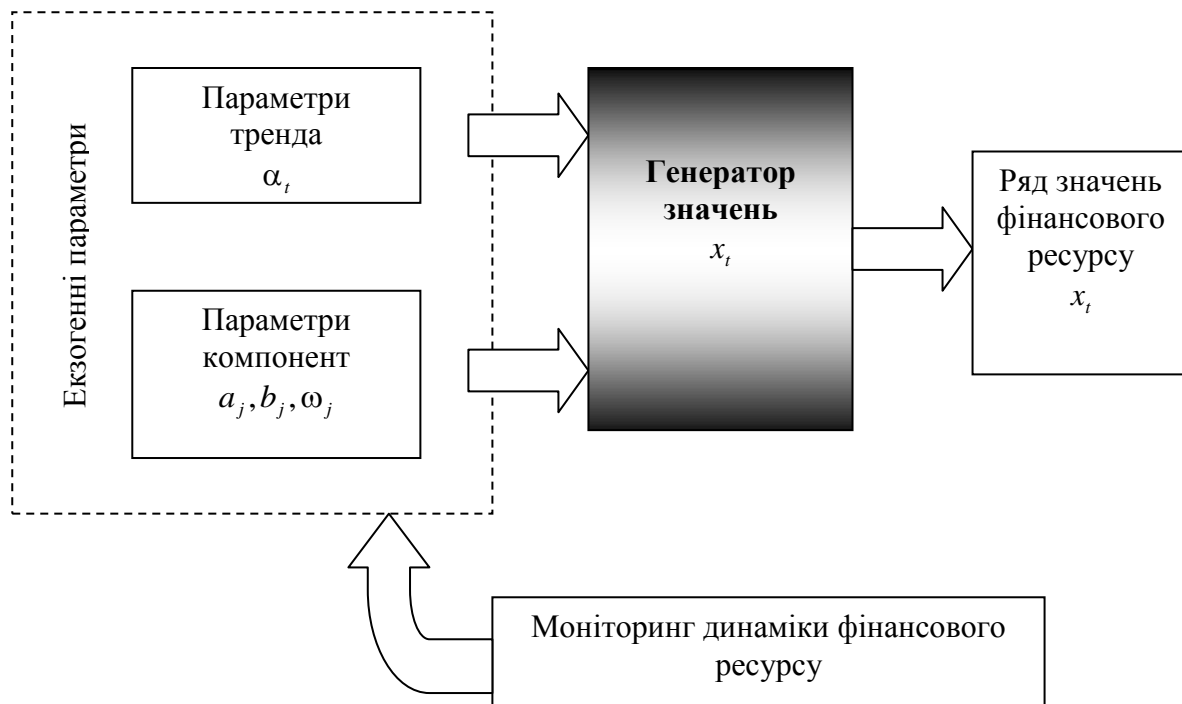


Рис. 1. Принципова схема сценаріїв динаміки окремого ресурсу

➤ по-друге, амплітуди (a_j і b_j) гармонік з частотами ω_j , які відповідають циклічним коливанням величини ресурсу.

Для знаходження конкретних величин параметрів стохастичних елементарних приростів (коефіцієнтів елементарних приростів) можуть бути застосовані стандартні процедури обчислення вибірових статистик [1,3,4] (вибіркового середнього m і вибіровій дисперсії s^2).

Безпосереднє обчислення x_t згідно з формулою (1) (або (2)) здійснюється в рамках блоку "Генератор значень". У його основі лежить датчик випадкових чисел, що породжує серію псевдовипадкових величин, емпіричний розподіл яких наближається до вибраного теоретичного розподілу (при заданих параметрах).

Напрями практичного використання отриманих в результаті експлуатації імітаційної моделі серій значень дуже різноманітні. Зокрема, маючи безліч допустимих траєкторій еволюції обсягу ресурсу, можна провести розрахунок

статистичних характеристик даної множини. Наприклад, отримати інтервальні оцінки для імовірних варіацій.

Відзначаючи особливості, які у випадку побудованої моделі матиме етап оцінки її адекватності [3], передусім, підкреслимо принципову важливість рішення, яке приймається відносно вибору критерію, відповідно до якого передбачається проводити таку оцінку. Очевидно, що шуканий критерій повинен давати можливість визначити ступінь близькості між рядом фактично спостережуваних значень фінансового ресурсу і серією імітованих його величин. Дана проблема має різноманітні шляхи розв'язання. Критерієм може бути коефіцієнт відносного відхилення, вибіркове середньоквадратичне відхилення або яка-небудь інша статистика. Більш того, не виключено паралельне використання декількох критеріїв, а сам процес їх вибору може стати однією із складових частин в сценарії “прогону” моделі.

Власне можна поставити задачу оцінки адекватності побудованої імітаційної моделі [4], яка вирішується на двох рівнях:

- по-перше, на рівні коректування значень екзогенних параметрів моделі;
- по-друге, на рівні коректування структури моделі, яка має на увазі як зміну виду розподілу випадкових елементарних приростів (коефіцієнтів елементарних приростів), так і зміну способу представлення тренду (перехід від моделі (1) до (2) або навпаки).

При практичній організації процесу роботи із імітаційними моделями фінансових ресурсів особливу актуальність має завдання визначення певного числа повторень імітаційного експерименту, яке забезпечує “достовірне” представлення множини варіантів розвитку фінансового ресурсу на вибраному часовому інтервалі.

Для її вирішення цілком обґрунтованим виглядає застосування підходу, який базується на співставленні

- вибіркового середнього (\bar{m}) для елементарних приростів (коефіцієнтів елементарних приростів), обчислених із серії значень x_t , які отримані в результаті проведення n імітаційних експериментів, з однієї сторони та
- теоретичного значення математичного сподівання (m) випадкової величини $\tilde{\alpha}$, яка лежить в основі імітаційної моделі.

При цьому оцінку числа експериментів в серії (n) можна отримати за допомогою широко використовуваного при розв'язанні стохастичних задач виразу для довірчого інтервалу [3, 5], що накладає обмеження на абсолютне відхилення емпіричної величини \bar{m} від теоретичного значення m :

$$\alpha = P\{|\bar{m} - m| < \varepsilon\}. \quad (3)$$

Згідно з центральною граничною теоремою середнє арифметичне взаємно незалежних випадкових величин при достатньо великому об'ємі вибірки (n) має розподіл близький до нормального. Тоді справедлива наближена рівність

$$\alpha \approx 2\Phi\left(\frac{\varepsilon}{s}\sqrt{n}\right) - 1, \quad (4)$$

де $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ – функція стандартного нормального розподілу, а

s – значення стандартного відхилення для даних випадкових величин (тобто для елементарних приростів або коефіцієнтів елементарних приростів).

Із формул (3)–(4) можна в явному вигляді виразити обмеження, якому повинно задовольняти число імітаційних експериментів, яке забезпечує достовірність результатів

$$n \geq \left(\frac{s}{\varepsilon} \Phi^{-1}\left(\frac{\alpha + 1}{2}\right)\right)^2. \quad (5)$$

На практиці застосування формули (5) передбачає знаходження значення n , яке відповідає допустимому рівню α (вірогідність того, що емпіричний розподіл результатів експлуатації імітаційної моделі буде близький до теоретичного). Відзначимо також, що вибір конкретного значення для допустимого рівня відхилень (ε) між величинами m і \bar{m} , в першу чергу, визначається специфікою модельованого ресурсу. Бувають випадки, коли його доцільно пов'язати з величиною дисперсії (стандартного відхилення), імітованого стохастичного параметра. Іншими словами, задати ε у вигляді

$$\varepsilon = \gamma s. \quad (6)$$

В цьому випадку формула (4) набуде вигляду

$$\alpha \approx 2\Phi(\gamma\sqrt{n}) - 1, \quad (7)$$

звідки отримуємо вираз

$$n \geq \left(\frac{1}{\gamma} \Phi^{-1} \left(\frac{\alpha + 1}{2} \right) \right)^2. \quad (8)$$

Додатково слід звернути увагу і на те, що вимоги до точності оцінки достовірності результатів імітаційного експерименту мають бути адекватні загальним умовам організації обчислювального процесу і рівню точності інформаційного забезпечення моделі в цілому. Як впливає з формул (5) і (8) наближення рівня α до 1 призводить до різкого збільшення числа дослідів в серії (n), що означає невиправдано високе наростання витрат часових і технічних ресурсів, задіяних в процесі експлуатації моделі, за відсутності значних поліпшень в якості отриманого наближення.

Висновки: Доцільність використання методів імітаційного моделювання для опису процесів, які проходять в рамках фінансово-банківських інститутів, а саме, для встановлення закономірностей поведінки фінансових показників і динаміки фінансових ресурсів є значною. Сценарії експериментів, які проводяться на базі розроблених моделей, допускають варіювання як екзогенних параметрів, які імітують мінливість зовнішнього середовища, так і цілей формування ресурсів. Зокрема, допустимі такі цілі як досягнення максимального (заданого) значення власного капіталу в заданий момент часу, забезпечення фіксованих темпів росту власного капіталу, підтримка заданої пропорції між власним і позиковим капіталом.

Література

1. Enders W. Applied Econometric Time Series. – Iowa State University, 1995. – P. 156.
2. Багриновский К. А. Имитационные модели в анализе и синтезе экономических систем планирования и управления / К. А. Багриновский. – М., 1982. – 340 с.
3. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткострочного прогнозирования / Ю. П. Лукашин. – М. : “Статистика”, 1979. – 416 с.
4. Лук’яненко І. Г. Сучасні економетричні методи у фінансах / І. Г. Лук’яненко, Ю. О. Городніченко. – К.: Літера ЛТД, 2002. – 352 с.
5. Бакаев А. Р. Имитационные модели в экономике / А.Р. Бакаев – К. : Наукова думка, 1978. – 304 с.