

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 332.834.4:004.358

О. А. Клепікова

Одеський національний політехнічний університет

ІМІТАЦІЙНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ ЯК АНАЛІТИЧНА ОСНОВА ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ У СТРАХУВАННІ

Розглянуто технологію застосування процедур планування імітаційних експериментів на моделях бізнес-процесів страхових компаній.

Ключові слова: імітаційна модель, імітаційний експеримент, система підтримки прийняття рішень, страхова компанія.

Рассмотрена технология применения процедур планирования имитационных экспериментов на моделях бизнес-процессов страховых компаний.

Ключевые слова: имитационная модель, имитационный эксперимент, система поддержки принятия решений, страховая компания.

The article is devoted of using technology planning procedures of simulation experiments on models of business processes in insurance companies.

Keywords: simulation model, simulation experiments, decision support system, insurance company.

У сучасних ринкових умовах страхові компанії є потужними фінансовими комплексами з надання різноманітних фінансових послуг, пов'язаних як із основною, так і додатковою діяльністю. З огляду на невизначеність страхового ринку у своїй повсякденній діяльності страхові компанії повинні враховувати вплив різноманітних збурюючих чинників внутрішнього і зовнішнього середовища, характерних для кризового стану економіки. Це вимагає застосування в процесі керування страховими компаніями особливо гнучких методів й інформаційних технологій імітаційного моделювання.

Дослідженню різних аспектів імітаційного моделювання, плануванню та здійсненню імітаційних експериментів приділено багато уваги такими фахівцями у сфері імітаційного моделювання, як Р. Фішер, Т. Нейлор, Дж. Клейнен, Ю. М. Адлер, Р. Шеннон, Н. П. Бусленко, С. В. Ємельянов, Н. Н. Личкіна, З. М. Соколовська та ін. Однак проблеми моделювання бізнес-процесів страхових компаній, обумовлені необхідністю комплексного аналізу операційної, фінансово-інвестиційної, маркетингової діяльності страхової компанії, забезпечення конкурентоспроможності страхової компанії з урахуванням різних факторів зовнішнього і внутрішнього ризикового середовища, здебільшого стохастичного характеру, усе ще залишаються невирішені. Вирішення даних проблем неможливе без застосування відповідного інструментарію, зокрема сучасних технологій імітаційного моделювання, які на сьогодні є одним із найбільш перспективних напрямів наукових досліджень у сфері аналізу, прогнозування і моделювання економічних явищ і процесів.

© Клепікова О. А., 2014

Таким чином, розробка комплексу імітаційних моделей і застосування технології здійснення імітаційних експериментів для керування бізнес-процесами страхової компанії на основі сучасних технологій комп'ютерного моделювання – надзвичайно актуальна проблема.

У процесі дослідження розроблено комплекс імітаційних моделей для керування бізнес-процесами страхової компанії на основі сучасних технологій комп'ютерного моделювання в системі IThink (рис. 1).

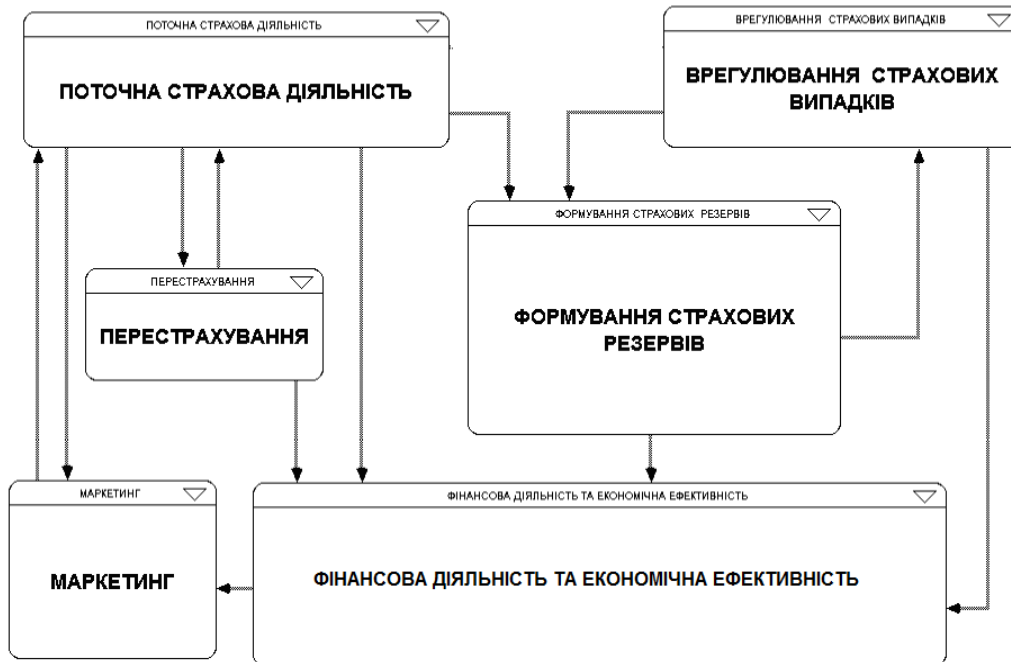


Рис. 1. Блок-схема комплексу імітаційних моделей «Керування страховою компанією»

Кожен із наведених процесів являє собою потокові діаграми, в яких за допомогою спеціальних об'єктів методу системної динаміки (фонду, потоку, конвертера, зв'язку) можна подати математичний алгоритм розрахунку всіх процесів роботи страхової компанії.

Імітаційна модель дозволяє імітувати бізнес-процеси із урахуванням впливу різноманітних стохастичних факторів на стратегічну перспективу, тобто вона фактично є сворідним тренажером для менеджерів і керівників страхових компаній. На моделі-тренажері «програють» управлінські рішення щодо формування бізнес-стратегії та їх можливі наслідки, вивчають тенденції розвитку страхової компанії.

На основі імітаційної моделі здійснюють оцінку банкрутства страхової компанії, платоспроможності, розраховують можливість отримання прибутку, формування страхових резервів, достатніх для виконання зобов'язань перед страхувальниками. Але всі імітовані процеси мають стохастичний характер, а отже, висновок про відповідність одержаних результатів можна зробити на основі представницької статистичної сукупності одержаних результатів імітаційних експериментів. У кожному конкретному випадку сукупність може бути різною.

Технологія імітаційного моделювання, що є основою для побудови модельного комплексу, охоплює важливий цикл моделювання складних економічних систем, до яких і належить страхова компанія: від постановки проблеми і формування концептуальної моделі до планування обчислювального експерименту, аналізу його результатів і прийняття рішення [1; 2].

Технологія прийняття рішення страховиком за допомогою комплексу імітаційних моделей зображена на рис. 2.

Після побудови будь-якої економіко-математичної моделі, у тому числі й імітаційної, необхідно здійснити випробування, перевірити її на адекватність [1]. В імітаційному моделюванні це надзвичайно важливий і відповідальний момент, оскільки і розробник, і користувач моделі повинні бути впевнені, що кінцеві результати моделювання точно відображають тенденції розвитку досліджуваного об'єкта.

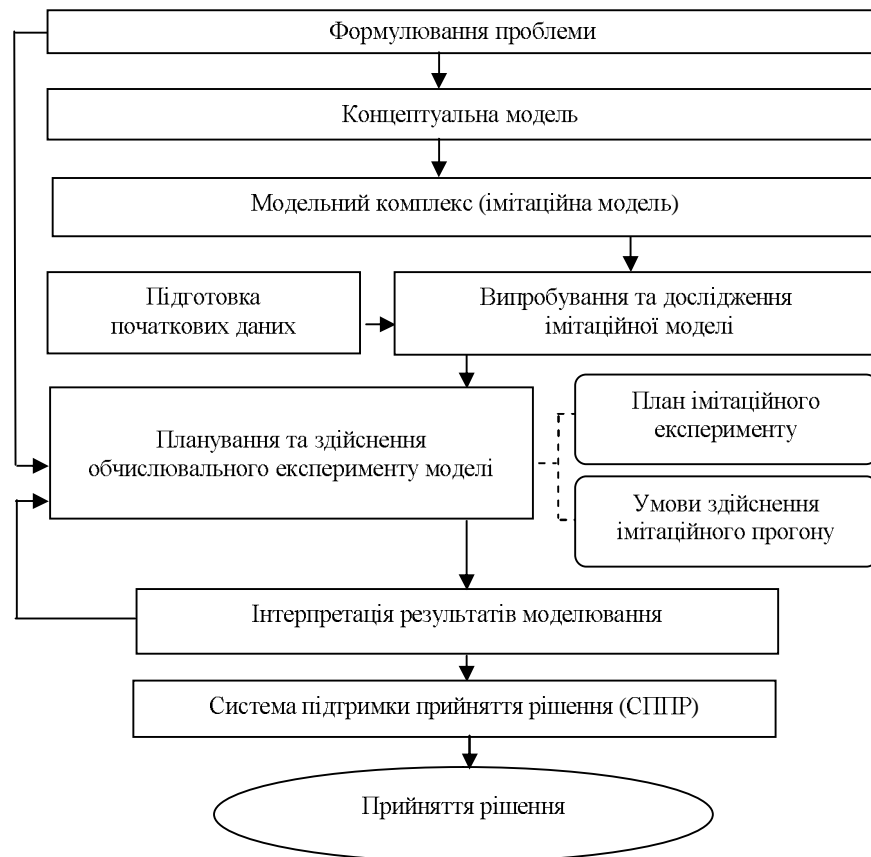


Рис. 2. Технологія прийняття управлінського рішення страховиком [5]

Для впевненості, що висновки, зроблені на основі модельного комплексу, будуть правильні й можуть бути застосовані особою, яка приймає рішення (ОПР), щодо оцінки як поточної ситуації страхової компанії, так і на прогнозований період, необхідно здійснити серію експериментів (перевірок, випробувань), у ході яких дослідник зможе встановити адекватність одержаних результатів.

Отже, щоб приймати ефективні рішення стосовно основних задач страхування за допомогою розробленого комплексу імітаційних моделей, необхідно розробити та скласти такий план комп'ютерного експерименту, який би дозволив на основі обраного математичного методу аналізу результатів моделювання ефективно досягати поставлених цілей з урахуванням обмежень на можливі ресурси страхової компанії та макроекономічні показники.

Технологія здійснення такого експериментального дослідження на імітаційній моделі передбачає такі дії:

- відповідно до мети дослідження здійснюють постановку математичного завдання (визначають зміст обчислювального експерименту);
- згідно з поставленим завданням дослідження розробляють план експерименту; за планом здійснюють серію експериментів, у ході яких збирають інформацію (результати експериментів);
- залежно від мети експерименту вибирають метод аналізу результатів, що дозволяє приймати менеджерам і керівникам страхових компаній рішення за результатами моделювання.

Для раціонального застосування особливостей імітаційних експериментів і прийняття зважених управлінських рішень створено систему підтримки прийняття рішення (СППР), схему якої наведено на рис. 3.



Рис. 3. Структура системи підтримки прийняття рішення

СППР містить базу знань, на основі яких можна виконувати визначене коло завдань у сфері прийняття фінансових рішень, а саме про імовірність банкрутства на основі результатів імітаційних експериментів.

Джерела даних розміщено в модельному комплексі імітаційних моделей, результати роботи якого потрапляють до бази даних, де їх зберігають. За необхідності результати імітаційних експериментів попередньо обробляють, узгоджують та відбирають. База даних забезпечує ОПП аналітичними даними, які відображають найважливіші характеристики діяльності страхової компанії. Дані – це факти, що характеризують окремі властивості об'єктів, процесів, явищ (наприклад, потік страхових платежів за крок моделювання). Дані факти застосовують у базі моделей, де вони проходять подальшу обробку та аналіз [3].

База знань забезпечує виявлення й обґрунтування варіантів усіх альтернатив, розроблених менеджерами або керівництвом страхової компанії [Там само]. Знання – це закономірності, одержані в результаті експериментів і які пов'язують дані.

База знань включає дані стосовно здійснення окремих імітаційних експериментів (наприклад, експерименти про встановлення імовірності банкрутства), їх характеристики, умови здійснення, ступінь впливу на конкретний процес залежно від застосовуваних параметрів [3; 4].

База моделей СППР за допомогою відповідного набору алгоритмів і математичних моделей забезпечує обробку аналітичної інформації та інтелектуальний аналіз даних, а саме:

- установа адекватності комплексу імітаційних моделей;
- планування та обробку результатів імітаційних експериментів.

Розглянемо детальніше випробування і дослідження комплексу імітаційних моделей, планування та здійснення імітаційних експериментів, оскільки саме вони є основою прийняття рішень у даному дослідженні.

Планування експерименту здійснюють після випробувань і досліджень таких властивостей моделі:

- здійснення аналізу чутливості імітаційної моделі;
- оцінка точності та стійкості результатів моделювання;
- оцінка адекватності моделі (верифікація, валідація моделі).

Чутливість імітаційної моделі є величина мінімального приросту вибраного критерію якості, що обчислюють на статистичних даних моделювання, за послідовного варіювання параметрів моделювання на всьому діапазоні їх зміни. Аналіз чутливості в сучасних системах моделювання добре автоматизований [1; 5; 6].

Точність імітації явищ є оцінка впливу стохастичних елементів на функціонування моделі складної системи. Ступінь точності визначають величиною флуктуації випадкового чинника (дисперсією). Для визначення точності результатів імітації оцінюють довірчі інтервали [1; 5]. Якщо оцінка дійсного середнього μ сукупності, то визначають верхню і нижню межі інтервалу так, щоб імовірність потрапляння дійсного середнього в інтервал, уміщений між ними, дорівнювала деякій заданій величині (δ – довірча імовірність) таким чином:

$$P \{ \bar{X} - d < \mu < \bar{X} + d \} = 1 - \delta, \quad (1)$$

де \bar{X} – вибіркове середнє;

$(1 - \delta)$ – імовірність того, що інтервал $(\mu \pm d)$ містить X .

Під стійкістю результатів імітації розуміють ступінь нечутливості її до зміни умов моделювання [5; 6]. Стійкість результатів моделювання характеризують збігом контрольованого параметра моделювання з певною величиною в разі

збільшення часу моделювання варіанта складної системи. На практиці стійкість результатів моделювання рекомендують оцінювати дисперсією значень відгуку (за вибраною компонентою). Якщо дисперсія у випадку збільшення часу моделювання не збільшується, то результати моделювання стійкі.

У результаті перевірки адекватності моделі можна з'ясувати ефективність зображення об'єкта дослідження моделлю. Існує багато методів перевірки узгоджень реальних виходів із модельованими, згідно з якими оцінка достовірності – це багатоетапний процес перевірки висновків щодо поведінки досліджуваної системи на правильність і коректність [1; 7; 8]. До них належать методи факторного, спектрального та регресійного аналізу, визначення критеріїв узгодження (Колмогорова–Смирнова, t -Ст'юдента, Кокрена та ін.), непараметричних критеріїв, коефіцієнта незбігу Тейла тощо. Для перевірки адекватності модельного комплексу був застосований критерій Тейла [9], а для дослідження на адекватність – ключові показники модельного комплексу (табл. 1).

Таблиця 1

Дослідження адекватності моделі за коефіцієнтом Тейла

Показники моделі	Кількість випробувань, n	Коефіцієнт Тейла, U
Страхові платежі	50	0,06
Страхові виплати	50	0,14
Чистий прибуток	50	0,08
Нерозподілений прибуток	50	0,09
Платоспроможність, CAR %	50	0,07
Статутний капітал	50	0,05
Страхові резерви	50	0,13

Розглядувана модель має достатню високу адекватність: коефіцієнт U перебуває в межах від 0,06 до 0,14.

Усі проаналізовані процедури в комплексі дають необхідну інформаційну базу для забезпечення довіри до розробленої імітаційної моделі й переходу до подальших етапів її дослідження. Один із найважливіших етапів – планування імітаційного експерименту.

Основними завданнями здійснення імітаційного експерименту є: скорочення загальної кількості випробувань за умови досягнення необхідної точності й достовірності одержаних результатів; підвищення значущості й інформативності кожного експерименту.

Існують два основні варіанти планування імітаційного експерименту:

1. Стратегічний – серед усіх варіантів плану необхідно вибрати такий, який дозволив би набути найбільш достовірного значення функції відгуку за фіксованої кількості дослідів. За допомогою стратегічного планування розв'язують задачі аналізу чутливості імітаційної моделі й визначають комбінації параметрів, що оптимізують досліджувану систему параметрів.

2. Тактичний – потрібно вибрати такий допустимий план, за якого статистична оцінка функції відгуку може бути одержана із заданою точністю за мінімальної кількості випробувань. За допомогою планування можна визначити умови здійснення кожного прогону відповідно до плану експерименту.

У ході дослідження було поставлено питання тактичного планування: скільки вибіркового значення показника (наприклад, імовірності банкрутства) необхідно взяти для забезпечення статистичної значущості результатів моделювання щодо

досліджуваного показника. Необхідно визначити для заданої точності (імовірності банкрутства) необхідну кількість прогонів (запусків) моделі. Для виконання цього завдання були застосовані вибіркові методи [9]. Зокрема, у дослідженні застосовували (як практично апробовану) процедуру Полсона – перевірку гіпотези про середнє. Процедура Полсона – один із методів специфічного варіанта дисперсійного (послідовного) аналізу. Її застосовують для статистичної обробки результатів імітаційного експерименту.

Сутність процедури полягає в такому: послідовні вибіркові методи в машинних імітаційних експериментах застосовують для мінімізації кількості розрахунків (обсягу вибірки), необхідної для одержання потрібної інформації. Кількість розрахунків (спостережень) заздалегідь не фіксують і обсяг вибірки n розглядають як випадкову величину, що залежить від результатів попередніх $n-1$ спостережень. Затрати машинного часу на здійснення імітаційного експерименту зменшуються, оскільки здійснюють рівно стільки спостережень, скільки необхідно для одержання потрібних результатів із попередньо заданою точністю.

Доведемо, що X_1, X_2, \dots – незалежні нормально розподілені випадкові величини:

1. Незалежність реалізують шляхом генерування кожного досліджу (на кожному прогоні) за допомогою нової послідовності випадкових чисел. Відгук кожного досліджу беруть як одне спостереження.

2. Згідно з центральною граничною теоремою, середнє (x_1, x_2, \dots – середнє значення відгуку) кожної незалежної реалізації системи наближено повинно мати нормальний розподільний закон.

Нехай X_1, X_2, \dots – послідовність незалежних випадкових величин, кожна з яких описує імовірність банкрутства із загальним нормальним розподільним законом, невідомим середнім μ і невідомою дисперсією σ^2 . Слід перевірити нульову гіпотезу H_0 – далеко від банкрутства, де $\mu \leq \mu_0$ і альтернативної гіпотези H_1 – банкрутство, де $\mu > \mu_0$. Потрібно побудувати таку замкнуту послідовну процедуру перевірки гіпотези, щоб $P(\text{відхилити } H_0 \mid \mu \leq \mu_0) \leq \alpha$ або $P(\text{узяти } H_1 \mid \mu > \mu_0 + \Delta) \leq \beta$, де μ – очікуване середнє значення імовірності банкрутства, одержане усередненням за кількістю прогонів моделі; μ_0 – гіпотетичне середнє (середнє значення показника ймовірності банкрутства, узятє як нормативне); α і β – задані ймовірності помилкового відкидання або прийняття гіпотези; Δ – задане відхилення від нормального середнього.

Спочатку візьмемо вибірку із n_0 вимірювань й обчислимо вибіркову дисперсію:

$$a(\delta) \leq 1,25 - \ln\left(\frac{1}{\delta}\right), \quad (2)$$

$$\text{де } a(\delta) = \left[\frac{1}{\delta} - 1 \right] \cdot \frac{f}{2}; \delta = \min(\alpha, \beta); f = n_0 - 1.$$

Потім кожного разу здійснюємо по одному виміру і припиняємо експеримент, відкинувши гіпотезу H_0 як тільки буде виконана умова

$$\sum_{j=1}^n \left(X_j - \mu_0 - \frac{\Delta}{2} \right) > \frac{S^2 a(\alpha)}{2d} - n \left(\frac{\Delta}{2} - d \right). \quad (3)$$

Експеримент припиняють і гіпотезу H_0 приймають, якщо

$$\sum_{j=1}^n \left(X_j - \mu_0 - \frac{\Delta}{2} \right) < \frac{-S^2 a(\beta)}{2d} + n \left(\frac{\Delta}{2} - d \right), \quad (4)$$

де $d = \frac{3\Delta}{8}$,

μ – очікуване середнє значення критеріальної змінної, яке одержують шляхом усереднення за кількістю здійснених прогонів моделі до завершення імітаційного експерименту;

μ_0 – середнє значення критеріальної змінної, узятє як нормативне.

Межі застосування α , β оберемо такі: $\alpha = 0,01 - 0,05$; $\beta = 0,1 - 1$. Варіюючи значення α , β , Δ , μ_0 , виявимо чутливість процедури до значень цих параметрів. Опишемо послідовність здійснення експерименту.

Розглянемо широкий спектр гіпотетичних середніх. Перевіримо гіпотези: $H_0 | \mu \leq \mu_0$, $H_1 | \mu > \mu_0$, де μ_0 набуває значення 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1, а оцінка середнього після п'ятидесяти розрахунків складає 0,4582 із стандартним відхиленням $0,02 / \sqrt{100} = 0,002$.

Гіпотези перевіряли за десяти різних комбінацій величин α , β і Δ , щоб виявити чутливість процедури щодо даних трьох параметрів. Для кожної комбінації обчислювали обсяг фіксованої вибірки. Точність задавали оцінкою вибіркової дисперсії S^2 початковим n_0 спостереженням (табл. 2). Зауважимо, що обсяг фіксованої вибірки не залежить від відношення гіпотетичного середнього μ_0 до істинного. Точки плану експерименту в імітаційних розрахунках такі: $\alpha=0,05$; $\Delta=0,1$; $n_0=50$.

Таблиця 2

Аналіз результатів імітації

Номер експерименту	μ_0	s^2	Обсяг послідовної вибірки	Гіпотеза H_0
1	0,1	0,000370163	6	Відхилена
2	0,2	0,000092541	5	Відхилена
3	0,3	0,000123388	4	Відхилена
4	0,4	0,000185082	3	Відхилена
5	0,5	0,000370163	2	Відхилена
6	0,6	0,000092541	5	Відхилена
7	0,7	0,000061694	7	Прийнята
8	0,8	0,000123388	4	Прийнята
9	0,9	0,000370163	2	Прийнята
10	1	0,000185082	3	Прийнята

Таким чином, за допомогою перевірки гіпотез можна додатково діагностувати фінансовий стан страхової компанії, а також одержати із заданою точністю показник імовірності банкрутства. Якщо гіпотезу H_0 відкинута, то можна зробити висновок, що страхова компанія є конкурентоспроможною (фінансовий стан компанії задовільний), а в разі прийняття гіпотези H_0 існує імовірність банкрутства (фінансовий стан компанії незадовільний).

Також ефективною процедурою зупинки експерименту, яка теж належить до методів послідовного аналізу, є визначення математичного сподівання [8]. Однак

у даному разі правило зупинки можна застосовувати лише для великих $N(N > 50)$. Крім того, для нього суттєвим моментом є те, що у випадку незалежних та однаково розподілених із середнім μ і дисперсією δ^2 випадкових величин x_i , де сума $\sum_{i=1}^n x_i$ має асимптотично нормальний розподіл із середнім $n\mu$ і дисперсією $n\sigma^2$. Незалежність x_i величин, як і у випадку процедури Полсона, реалізують шляхом генерації кожного досліду за допомогою нової послідовності випадкових чисел.

Розглянемо один із планів експерименту. Нехай є вибірка із n незалежних однаково розподілених випадкових чисел x_1, x_2, \dots, x_n імовірності банкрутства страхової компанії, одержаних у результаті імітаційних експериментів, математичне сподівання $\mu=0,15678$ і дисперсія $\delta^2=0,0011$ яких відомі, $\alpha=0,05$. Результати експериментів наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Номер експерименту	Правило зупинки, n
1	29
2	13
3	15
4	25
5	28

Таким чином, на основі результатів планування розглянутого експерименту можна визначити необхідну кількість запусків (прогонів) моделі для одержання значення функції відгуку.

У здійснених експериментах відгуком системи є (як у випадку процедури Полсона, так і у випадку процедури оцінки математичного сподівання) імовірність банкрутства страхової компанії.

План експерименту визначають залежно від конкретної мети дослідження й експериментатора. Тривалість експерименту залежить від багатьох факторів: тривалості досліджуваної часової траєкторії; модельованої стратегії керування страховою компанією; обсягу початкової інформації; вимог користувачів моделі (керівників і менеджерів страхової компанії), які формують вихід експерименту, та ін.

Заключна обробка результатів прогонів моделі включає такі етапи: обчислення середніх значень вихідних показників (усереднення за кількістю здійснених прогонів); ранжування одержаних експериментальних сукупностей (результатів прогонів моделі) за значенням вибраного критерію оцінки і визначенням «оптимістичного» і «песимістичного» варіантів керування; обчислення середньої величини критерію на множині його значень за всіма прогонами; порівняння одержаних результатів за варіантами експерименту. Висновки і закономірності, одержані в результаті аналізу даних у ході імітаційного моделювання, застосовують як правила і рекомендації у процесі керування страховою компанією.

Висновок. Для дослідження складних систем, до яких і належить страхова організація, із метою виявлення законів керованості, необхідне глибоке і всебічне вивчення реального об'єкта, що в цьому дослідженні здійснюють за допомогою імітаційного моделювання, оскільки саме воно дозволяє збирати в необхідній кількості дані, застосовувати економіко-математичні, статистичні методи для їх обробки. Такі дослідження потребують чіткого планування імітаційних експериментів і здійснення обчислювальних експериментів.

Головні завдання розгляданого планування експерименту – звести до мінімуму витрати на реальний експеримент, отримуючи при цьому найкращі статистично значущі оцінки. Для обчислювального (машинного) експерименту до 90-х рр. XX ст. основні критерії планування імітаційного експерименту практично збігалися з цілями реального експерименту, оскільки ЕОМ мали обмежені можливості (мала оперативна пам'ять, низька продуктивність і висока вартість машинного часу).

Сучасні інформаційні технології мають необмежені можливості, а витрати на здійснення імітаційних експериментів незначущі порівняно з витратами на реальний експеримент; у такому разі критерій мінімізації витрат на проведення імітаційних експериментів втрачає сенс. Але є деякі особливості планування імітаційних експериментів, без яких неможливо коректно завершити дослідження:

- за імітаційних експериментів практично немає обмежень щодо умов здійснення експерименту (наприклад, на застосування стохастичних величин у процесі моделювання);

- необхідність у створенні умов (інтерфейсів, СППР) для роботи фахівців-наочників із імітаційних експериментів;

- особливого значення набуває проблема зупинки імітаційних експериментів (якщо зупинити імітаційний експеримент за заздалегідь невідомих статистичних характеристиках і відсутності обмежень на ресурси);

- проблема одержання статистично значущих результатів.

Питання планування імітаційного експерименту поки недостатньо досліджено через відсутність стрункої теорії. Виявлені особливості планування імітаційного експерименту – основа для побудови СППР і різноманітних автоматизованих систем керування. А метод імітаційного моделювання стає одним із методів надійного проектування складних систем у досягненні високої якості керування.

Бібліографічні посилання

1. Соколовская З. Н. Моделирование экономического анализа деятельности предприятия : монография / З. Н. Соколовская. – О. : б. и., 1996. – 280 с.
2. Соколовська З. М. Комп'ютерне моделювання складних економічних систем : монографія / З. М. Соколовська, О. А. Клепікова. – О. : Астропринт, 2011. – 512 с.
3. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. / В. Ф. Ситник. – К. : КНЕУ, 2004. – 614 с.
4. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Г. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб. : Питер, 2000. – 384 с.
5. Лычкина Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов / Н. Н. Лычкина. – М. : Академия Ай Ти, 2005. – 164 с.
6. Яцкив И. В. Проблема валидации имитационной модели и ее возможные решения / И. В. Яцкив // Мат. конф. ИММОД. – 2003. – С. 211–217.
7. Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании / Дж. Клейнен; пер. с англ. О. П. Адлера [и др.]. – М. : Статистика, 1978. – Вып. 1. – 221 с.
8. Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании / Дж. Клейнен; пер. с англ. О. П. Адлера [и др.]. – М. : Статистика, 1978. – Вып. 2. – 335 с.
9. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем: пер. с англ. / Т. Нейлор. – М. : Мир, 1975. – 502 с.

Надійшла до редколегії 25.11.2013