

МОДЕЛІ РИНКОВОЇ ЕКОНОМІКИ НА СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЛАТФОРМАХ

© 2017 СОКОЛОВСЬКА З. М.

УДК 658.012.2

Соколовська З. М. Моделі ринкової економіки на сучасних технологічних платформах

Метою статті є аналіз стану програмного забезпечення імітаційного моделювання економічних систем і розкриття можливостей застосування інтегрованих програмно-технологічних платформ у побудові моделей ринку. Визначено проблеми у сфері прикладного впровадження методу імітаційного моделювання; проаналізовано стан програмно-технологічного забезпечення імітаційного моделювання економічних систем. Запропоновано використання інтегрованої системи багатопідхідного імітаційного моделювання AnyLogic як однієї з найпотужніших сучасних програмних платформ. Розглянуто варіант моделі конкурентного багатопродуктового ринку, адаптованої до специфіки підприємств фармацевтичної галузі. Робота моделі ілюструється результатами ситуаційних імітаційних експериментів на прикладі фармацевтичної компанії «Фармак». Продемонстровано можливості параметричної настройки імітаційних експериментів та спектр їх використання у практичній діяльності фармацевтичних підприємств.

Ключові слова: моделі ринкової економіки, імітаційне моделювання, програмно-технологічні платформи імітації, багатопідхідне моделювання, системна динаміка, агентний підхід, імітаційний експеримент, фармацевтичне підприємство.

Рис.: 11. **Табл.:** 1. **Бібл.:** 26.

Соколовська Зоя Миколаївна – доктор економічних наук, професор, завідувачка кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет (пр. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна)

E-mail: nadin_zs@te.net.ua

УДК 658.012.2

Соколовская З. М. Модели рыночной экономики на современных технологических платформах

Целью статьи является анализ состояния программного обеспечения имитационного моделирования экономических систем и раскрытие возможностей применения интегрированных программно-технологических платформ при построении моделей рынка. Определены проблемы в области прикладного внедрения метода имитационного моделирования; проанализировано состояние программно-технологического обеспечения имитационного моделирования экономических систем. Предложено использование интегрированной системы многоподходного имитационного моделирования AnyLogic в качестве одной из наиболее мощных современных программных платформ. Рассмотрен вариант модели конкурентного многопродуктового рынка, адаптированной к специфике предприятий фармацевтической отрасли. Работа модели иллюстрируется результатами ситуационных имитационных экспериментов на примере фармацевтической компании «Фармак». Продемонстрированы возможности параметрической настройки имитационных экспериментов и спектр их применения в практической деятельности фармацевтических предприятий.

Ключевые слова: модели рыночной экономики, имитационное моделирование, программно-технологические платформы имитации, многоподходное моделирование, системная динамика, агентный подход, имитационный эксперимент, фармацевтическое предприятие.

Рис.: 11. **Табл.:** 1. **Библ.:** 26.

Соколовская Зоя Николаевна – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономической кибернетики и информационных технологий, Одесский национальный политехнический университет (пр. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина)

E-mail: nadin_zs@te.net.ua

UDC 658.012.2

Sokolovska Z. M. The Models of Market Economy on the Modern Technological Platforms

The article is aimed at analyzing the status of software provision of simulation modeling of economic systems and disclosing the possibilities of application of the integrated software-technological platforms in the building of market models. Problems in the field of applied introduction of the method of simulation modeling have been defined; the status of the software-technological provision of the simulation modeling of economic systems has been analyzed. It has been suggested to use the integrated system of multi-approach simulation modeling AnyLogic as one of the most powerful modern software platforms. The variant of the model of competitive multi-product market adapted to the specifics of pharmaceutical industry enterprises has been considered. The work of the model can be illustrated by results of the situational simulation experiments on the example of the pharmaceutical company «Farmak». The possibilities of parametric adjustment of imitation experiments together with the spectrum of their application in practical activity of pharmaceutical enterprises have been demonstrated.

Keywords: models of market economy, simulation modeling, software-technological platforms of simulation, multi-approach modeling, system dynamics, agent approach, simulation experiment, pharmaceutical enterprise.

Fig.: 11. **Tbl.:** 1. **Bibl.:** 26.

Sokolovska Zoia M. – D. Sc. (Economics), Professor, Head of the Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Odesa National Polytechnic University (1 Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine)

E-mail: nadin_zs@te.net.ua

Сучасний стан розвитку ринкової економіки приводить до появи нових напрямків досліджень феноменів її трансформацій, що базуються не тільки на знаннях із конкретної галузі, але використовують знання із суміжних галузей. Одним із прикладів є поява на стику економіки, маркетингу та психології поведінкової економіки.

Необхідність аналізу поведінки користувачів; визначення кола факторів, які впливають на їх вибір і вповодбання; вивчення реакції користувачів на зміни маркетингових стратегій підприємств-виробників і просування на ринку нових продуктів, послуг, інновацій;

прогнозування можливих дій конкурентів; тенденції динаміки товарних ринків – усе це приводить до необхідності створення прогностичних моделей ринку. Такі моделі стали реальністю завдяки розвитку поведінкової економіки та нових методологій в галузі економіко-математичного й імітаційного моделювання.

Водночас велика розмірність досліджуваних ринкових систем, складна логіка їх роботи та стохастичний характер багатьох параметрів часто роблять неможливим побудову адекватних аналітичних моделей. За наявності нелінійності, рекурсивності формул або через нестачу відповідних рівнянь однозначне аналітичне

рішення є недосяжним. Але в багатьох ситуаціях достатньо надання чисельного рішення та візуального представлення результатів на базі проведення серії модельних експериментів. Урахування динаміки процесів, що протікають у системі, зворотних зв'язків, впливів стохастичних факторів найчастіше потребують розробки моделі-тренажера для відпрацювання управлінських рішень з гнучкою часовою перспективою та різним ступенем агрегування. Таким вимогам відповідає метод імітаційного моделювання.

Тенденціям розвитку поведінкової економіки на сьогодні присвячено певну кількість праць вітчизняних і зарубіжних авторів – науковців і практиків. Серед них такі фундаментальні роботи, як [1–9] та ін.

Водночас в останні десятиліття дістало значного розвитку імітаційне моделювання. Теоретичні та прикладні питання цього математичного напрямку розглядаються в численних літературних джерелах, наприклад [10–14]. Зокрема, цікаві результати досліджень у галузі поведінки користувачів наведені в [1]. Імітаційне моделювання пройшло значний еволюційний період – від мистецтва до масового використання [15].

Широкий спектр моделей ринкової економіки наведено в матеріалах таких значних міжнародних конференцій розробників імітаційних моделей, як Winter Simulation Conference (WSC) [16], International System Dynamics Conference [17], ASIM [18] (німецькомовної спільноти імітаційного моделювання), ИММОД [19] («Имитационное моделирование. Теория и практика»), європейського конгресу EUROSIM [20]; вебінарах і публікаціях однієї з провідних корпорацій світу у цій галузі – The AnyLogic Company [21].

Незважаючи на наявні розробки, різноманіття систем і задач, які потребують практичних імітаційних досліджень, залишається значним і продовжує збільшуватися. Висновки експертів галузі підтверджують величезний потенціал ринку імітаційного моделювання [11]. Регулярний огляд публікацій та аналіз матеріалів конференцій доводить, що у вітчизняній практиці створюється не більше сотні промислових модельних додатків на рік (навчальні моделі не враховані), тобто менше одного відсотка прогнозного потенціалу методу.

Об'єктивні зміни відбуваються і з самим методом. Зокрема, потребують удосконалення засоби постановки та реалізації моделей і планування імітаційних експериментів. Розвиваються програмні платформи здійснення імітації.

Базуючись на висновках експертів, узагальнюючи ситуацію на ринку імітаційних моделей, основними причинами гальмування появи імітаційних додатків є такі [11; 22]:

- ✦ значна тривалість досліджень;
- ✦ значні вимоги до дослідників;
- ✦ висока вартість;
- ✦ відсутність у замовника інформації стосовно методу;
- ✦ неможливість розв'язання задачі наявними інструментами;
- ✦ законодавчі й адміністративні бар'єри.

Окремо наголошується на використанні застарілої класичної концепції організації і проведення імітаційного моделювання, а також на відсутності системного підходу реалізації імітаційних досліджень на більшості програмних платформ. Тобто у процесі дослідження виникають інформаційні та технологічні розриви («вузькі місця»).

Таким чином, необхідна побудова єдиного дослідницького простору у межах конкретних програмно-технологічних платформ – інтегрованих систем.

Метою статті є аналіз стану програмного забезпечення імітаційного моделювання економічних систем і розкриття можливостей застосування інтегрованих програмно-технологічних платформ у побудові моделей ринку.

Програмне забезпечення імітаційного моделювання економічних систем умовно класифікується фахівцями за чотирима групами [11; 23]:

1. Інтегровані програмні середовища й окремі універсальні мови програмування високого рівня (Pascal, Basic, C, C++ та ін.). В ході їх використання будується алгоритмічна модель, а потім алгоритм кодується засобами стандартного синтаксису обраної мови програмування.

2. Спеціалізовані мови моделювання (GPSS, SIMULA, SIMSCRIPT, CSL, SOL, GASP, SLAM та ін.), що базуються на універсальних мовах програмування. У межах таких програмних середовищ реалізовані способи взаємодії та динаміка систем через співвідношення складових елементів у часі та просторі. У ході побудови моделі використовуються терміни та концепції конкретної спеціальної мови. Програмне забезпечення, зазвичай, компактне та має на сьогодні значні прикладні додатки.

3. Стандартні спеціалізовані математичні середовища з включенням пакета імітаційного моделювання (пакет Simulink системи Matlab, Mathcad, Mathematica, SPSS, Statistica). У цій конфігурації інструмент імітаційного моделювання виступає як окрема надбудова та надається користувачам як інсталяційний пакет, що розвиває стандартні функції. Така специфічна надбудова надає можливості вводу, виводу та розрахунку функцій, графічні можливості тощо.

4. Спеціалізовані програмні середовища з включенням усього циклу створення імітаційної моделі від розробки візуальної схеми функціонування до візуального виводу процесу та результатів моделювання (AnyLogic, Arena, GPSS World, VisSim). Такі системи мають дружній інтерфейс стосовно користувача, можливості вводу численних параметрів налаштування та керування експериментами, можливості отримання оптимальних значень цільових критеріїв, проведення різних типів імітаційних експериментів й ін.

Однією з найбільш технологічних програмних платформ на сьогодні є система багатопідходного імітаційного моделювання AnyLogic. Система спирається на парадигму об'єктно-орієнтованого моделювання з використанням активних об'єктів і можливістю взаємодії із зовнішніми сутностями; передбачає реалізацію трьох головних методологічних підходів до імітації – дискретно-подієвого, системної динаміки й агентного. За необхідністю в моделях може використовуватися

змішана (комбінована) парадигма. Завдяки гнучкості та потужності платформи реалізуються моделі будь-якої складності з підтримкою різноманітних рівнів деталізації. Використання як базової мови об'єктно-орієнтованого програмування Java значно розширює інструментарій системи. Модель AnyLogic може використовуватися також як окремий Java-додаток незалежно від середовища розробки.

Наявні інструменти та бібліотеки системи, а також її розвинутий графічний інтерфейс забезпечують реалізацію широкого спектра задач, зокрема, пов'язаних із дослідженням ринкових процесів.

Однією з класичних моделей ринку є модель Баса – розповсюдження продукту (інновацій) в ринкових умовах. У моделі відтворюються елементи поведінки споживачів під час отримання знань стосовно конкретних продуктів/інновацій та здійснення реальних покупок. Модель добре описана в ряді джерел [24; 25].

На платформі AnyLogic реалізовані її різні модифікації з використанням системно-динамічної та агентної парадигми [26]. Обидві версії моделі розглядають однопродуктовий ринок.

Системно-динамічний варіант моделі Баса надає уяву про поведінку споживачів товару / послуги, але з високим ступенем агрегації, що притаманно методології системної динаміки. На базі системно-динамічної моделі неможливо відтворення та дослідження «виникаючої» поведінки споживачів, що є найбільш наближеним до реальних ситуацій.

В агентній версії моделі головним елементом є агент, тобто споживач продукту. Агент, як деяка сутність, є активним елементом; має автономну поведінку, а головне – може приймати власні рішення згідно з заданим алгоритмом. Крім того, він може взаємодіяти з оточенням та іншими агентами, а також змінюватися (еволюціонізуватися).

Мета агентної моделі за Басом – скласти уявлення про загальну поведінку системи (ринкове розповсюдження товарів / послуг) виходячи з дослідження поведінки її окремих активних об'єктів (споживачів-агентів) та взаємодії цих об'єктів у системі.

Розглянемо варіант моделі конкурентного багатопродуктового ринку: для простоти – двопродуктового. Модель адаптовано до специфіки підприємств фармацевтичної галузі.

Вибір платформи AnyLogic обґрунтований особливостями функціонування фармацевтичних підприємств в умовах невизначеного висококонкурентного середовища – інтенсивними змінами у пропозиції нової продукції та мінливим ринковим попитом, сезонною складовою, особливостями зберігання та транспортування лікарських препаратів тощо.

У спрощеному вигляді загальна постановка задачі полягає у такому.

Досліджується ринок фармацевтичної продукції, який насичується двома ланцюгами постачання одного фармацевтичного підприємства або ланцюгами постачання двох фармацевтичних підприємств-конкурентів. Умовні номенклатурні позиції – препарат 1 і препарат 2.

Замовлення від аптечної мережі формують обсяг замовлень на виробництво продукції фармацевтичним підприємством (підприємствами). Досліджуються замовлення трьох типів:

- ✦ на препарат 1;
- ✦ на препарат 2;
- ✦ на препарат 1 або препарат 2.

Прогнозний випуск продукції обмежується лише виробничими потужностями підприємства (підприємств). Готова продукція постачається на аптечні склади у встановлений термін. Враховується тривалість процесів постачання.

Замовлення на виробництво препаратів формуються внаслідок дослідження ринкового попиту в аптечних мережах. Імітація попиту можлива за різними сценаріями:

- ✦ згідно з конкретною інтенсивністю;
- ✦ випадково (за вказаним законом розподілу випадкової змінної);
- ✦ в результаті спілкування клієнтів аптечних мереж (внаслідок отримання вербальної інформації);
- ✦ в результаті рекламних акцій;
- ✦ з урахуванням сезонності користування конкретними фармацевтичними препаратами;
- ✦ з урахуванням інтенсивності конкретних захворювань у конкретних регіонах дослідження, пов'язаних, наприклад, із негативними екологічними умовами тощо.

Варіативними параметрами моделі є такі:

- ✦ потужності виробництва фармацевтичного підприємства (підприємств) стосовно випуску досліджуваних типів препаратів;
- ✦ тривалість постачання різних препаратів (одного або різних виробників) на аптечні склади (в аптечну мережу);
- ✦ параметри формування ринкового попиту на конкретні препарати;
- ✦ коефіцієнти коректування обсягів запуску продукції у виробництво (задані прогнозні коефіцієнти призначені для коректування отриманого обсягу замовлень від аптечної мережі). Коефіцієнти можуть формуватися з погляду на можливість виникнення різноманітних виробничих ситуацій – відхилення замовлень деяких аптечних мереж внаслідок неотримання ними фінансової дисципліни; в результаті передбачуваного у найближчій перспективі виходу на ринок препарату-аналогу та прогнозованого зниження ринкового попиту на існуючий препарат; внаслідок необхідності створення додаткових страхових запасів препаратів (у межах термінів їх придатності) та внаслідок будь-яких інших ситуацій, продиктованих конкретними обставинами.

Згідно з наведеною постановкою задачі для реалізації обрано багатопідходну парадигму імітаційного моделювання – комбінацію агентного та системно-динамічного підходів. За допомогою системної дина-

міки здійснюється імітація безпосередньо виробничо-збутових ланцюгів. На базі агентної парадигми реалізується імітація ринкового попиту на фармацевтичну продукцію підприємства (підприємств). Агентна імітація формування потреби та реалізації фармацевтичних препаратів у аптечній мережі обрана завдяки можливості моделювання виникаючої поведінки агентів-покупців.

Загальний вид моделі у графічному редакторі системи AnyLogic наведено на *рис. 1*. Призначення головних елементів моделі наведено в *табл. 1*.

У моделі створена популяція агентів – клас *myAgent*. Агентами виступають покупці лікарських препаратів в аптечній мережі. Початкова кількість агентів у популяції дорівнює 1000. Місце знаходження агентів у вікні графічного редактора задано за допомогою елемента палітри «Разметка пространства» «Прямоугольный узел».

Моделювання ринкового попиту на препарати здійснюється на базі класу *myAgent* за допомогою діаграми стану – *statechart*, наведеної на *рис. 2*.

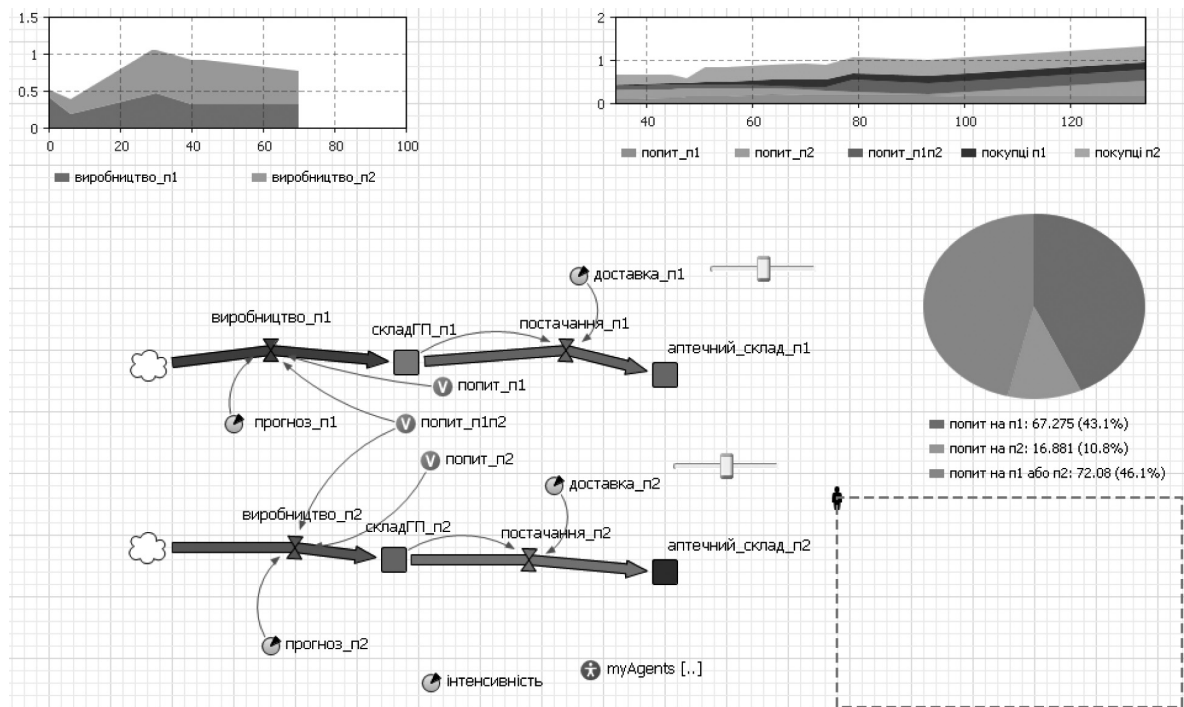


Рис. 1. Загальний вигляд моделі у графічному редакторі системи AnyLogic

Таблиця 1

Елементи моделі в AnyLogic

Найменування елемента	Тип елемента	Призначення елемента
2	3	4
склад ГП_п1	Резервуар	Склад готової продукції – препарату 1
склад ГП_п2	Резервуар	Склад готової продукції – препарату 2
аптечний_склад_п1	Резервуар	Аптечний склад препарату 1
аптечний_склад_п2	Резервуар	Аптечний склад препарату 2
виробництво_п1	Потік	Інтенсивність процесу виробництва препарату 1
виробництво_п2	Потік	Інтенсивність процесу виробництва препарату 2
постачання_п1	Потік	Інтенсивність процесу постачання препарату 1
постачання_п2	Потік	Інтенсивність процесу постачання препарату 2
прогноз_п1	Параметр	Коефіцієнт коректування обсягу запуску у виробництво препарату 1
прогноз_п2	Параметр	Коефіцієнт коректування обсягу запуску у виробництво препарату 2
доставка_п1	Параметр	Тривалість процесу постачання препарату 1 зі складу готової продукції на аптечний склад
доставка_п2	Параметр	Тривалість процесу постачання препарату 2 зі складу готової продукції на аптечний склад
попит_п1	Динамічна змінна	Обсяг замовлень на виробництво препарату 1
попит_п2	Динамічна змінна	Обсяг замовлень на виробництво препарату 2
попит_п1п2	Динамічна змінна	Обсяг замовлень на виробництво препарату 1 або препарату 2

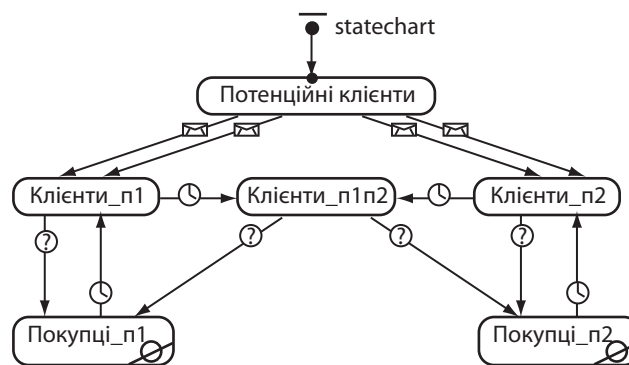


Рис. 2 Діаграма стану

За допомогою діаграми стану здійснюється імітація поведінки агентів-покупців препаратів п1, п2, п1 або п2. Поведінку агентів наведено такими станами:

- ✦ потенційні_клієнти;
- ✦ клієнти_п1;
- ✦ клієнти_п2;
- ✦ клієнтип1п2;
- ✦ покупці_п1;
- ✦ покупці_п2.

Перехід потенційних клієнтів у стан «клієнти_п1» або у стан «клієнти_п2» здійснюється за двома алгоритмами:

- ✦ у результаті отримання повідомлення (наприклад, отримання текстової константи «купуй п1!» або «купуй п2!»);
- ✦ із заданою інтенсивністю, яка може змінюватися відповідно до конкретних серій експериментів на моделі та відрізнятися для препарату 1 та препарату 2.

Перехід до стану «клієнти_п1п2» здійснюється зі станів «клієнти_п1» або «клієнти_п2» за таймаутом, який може визначатися як константа (наприклад, 2 дні) або випадково (задається відповідним законом розподілу ймовірнісної змінної: наприклад, рівномірний розподіл – uniform (2,5)).

Перехід зі станів «клієнти_п1» або «клієнти_п2» до станів, відповідно, «покупці_п1» або «покупці_п2» здійснюється при виконанні заданих умов, а саме: `main.аптечний_склад_п1 ≥ 1`; `main.аптечний_склад_п2 ≥ 1`.

При цьому алгоритми дій при виході є такими: `main.аптечний_склад_п1--`; `main.аптечний_склад_п2--`.

У результаті спілкування покупців-агентів у модельному середовищі формується повідомлення про необхідність купівлі товару, що знаходить своїх адресатів у популяції агентів за випадковим розподілом. Імітація наведеної дії здійснюється в межах станів «покупці_п1» та «покупці_п2».

Імітація відмови від покупки препаратів 1 та 2 здійснюється за допомогою переходів зі станів «покупці_п1» та «покупці_п2» до станів «клієнти_п1» та «клієнти_п2» відповідно.

Переходи здійснюються за таймаутом – наприклад, випадкова змінна з рівномірним законом розподілу (розмірність – у днях): uniform (17, 23)

Переходи зі стану «клієнтип1п2» до станів «покупці_п1» або «покупці_п2» здійснюються при виконанні заданих умов, а саме:

`main.аптечний_склад_п1 ≥ 1`;
`main.аптечний_склад_п2 ≥ 1`.

При цьому дії визначаються за такими алгоритмами: `main.аптечний_склад_п1--`; `main.аптечний_склад_п2--`.

Технологію проведення імітаційних експериментів на моделі проілюструємо на прикладі ряду ситуацій, що виникають під час виробничо-збутової діяльності фармацевтичної компанії. В експериментах використано матеріали ВАТ «ФАРМАК». Результати експериментів продемонстровані на умовних даних¹.

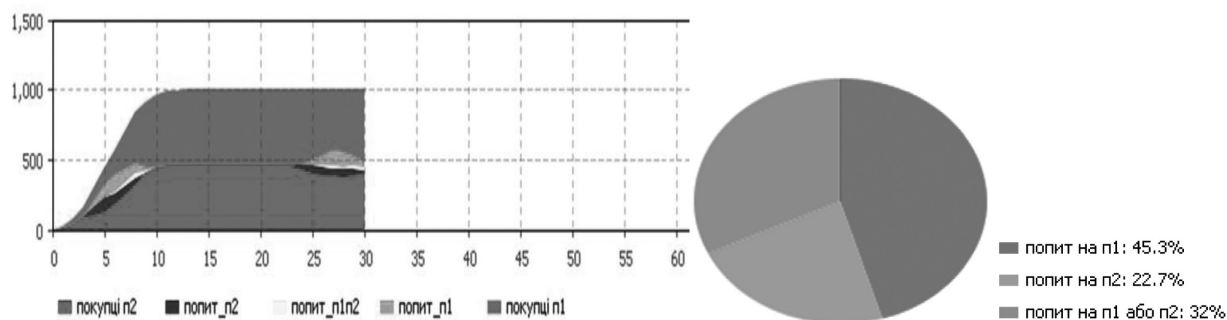
Ситуація 1.

Підприємство аналізує доцільність випуску двох альтернативних препаратів однієї фармакологічної групи – умовно препарат 1 та препарат 2. Береться до уваги, що тривалість виробничих циклів обох препаратів приблизно однакова; час постачання до аптечних складів – також. Водночас параметрами налаштування можуть бути інтенсивність реклами, інтенсивність переходу потенційних клієнтів до розряду клієнтів (тобто користувачів, які зацікавилися покупкою препарату) й інтенсивність покупок препаратів у аптечній мережі. Препарат 1 вже присутній на ринку деякий час, препарат 2 тільки що почав випускатися. Розглядається ситуація двох продуктового ринку в одному регіоні дослідження. Начальна популяція агентів – 1000 (ось Y). Результати експерименту з тривалістю періоду імітації – 30 днів, з кроком – 1 день наведені на рис. 3а. Як видно з рисунку, найбільшим попитом користується препарат 1: 45,3% від загального обсягу попиту; попит на препарат 2 – 22,7%; попит на препарат 1 або 2 – 32%.

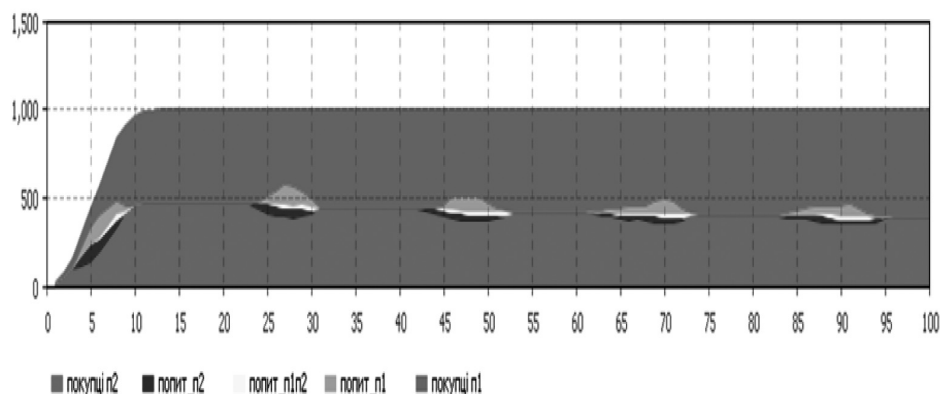
При збільшенні періоду імітації до 100 днів наведена тенденція зберігається – рис. 3б. Ситуація значно поліпшується з посиленням інтенсивності реклами і продовженням терміну знаходження препарату на фармацевтичному ринку – рис. 3в.

Як видно з рисунку, попит на препарат 1 становить 40% від загального обсягу попиту; попит на новий препарат-аналог зростає та наближується до наведено-

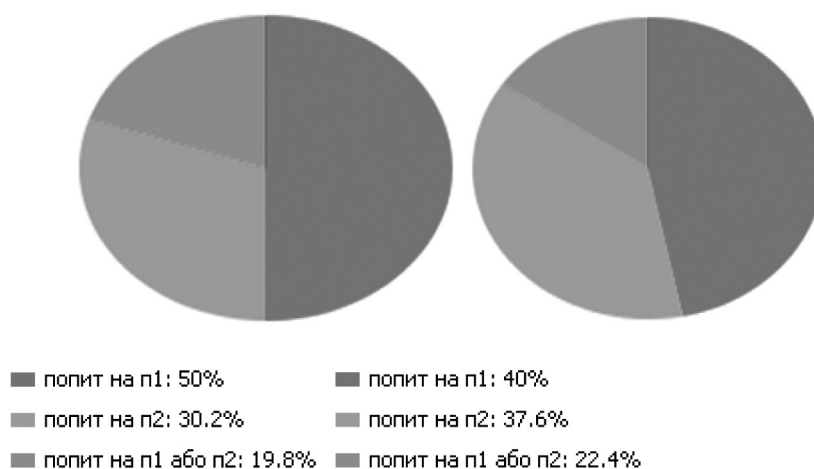
¹ За припущенням, один агент здійснює покупку однієї упаковки препарату. На всіх часових діаграмах з накопиченням ось X – часові інтервали моделювання за обраним терміном; ось Y – кількісні показники у натуральних одиницях виміру (кількість упаковок препаратів, кількість покупців тощо)



а) термін імітації – 30 днів; крок – 1 день



б) термін імітації – 100 днів, крок – день



в) посилення інтенсивності реклами

Рис. 3. Експеримент 1: запуск у виробництво альтернативних товарів однієї фармакологічної групи

го значення – 37,6%. Ситуація ще більше поліпшується зі збільшенням тривалості часу моделювання.

Ситуація 2.

Досліджується стан двох продуктового ринку – препарати-аналоги – в умовах різних регіонів.

Проведені експерименти довели, що доцільність запуску у виробництво й ефективне співіснування на одному регіональному ринку препаратів-аналогів залежить від групи препаратів і розповсюдження захворювань, притаманних конкретному регіону.

За матеріалами компанії «Фармак» здійснювалася оцінка інтенсивності фармацевтичного ринку в різних

регіонах України шляхом імітації попиту на препарати різних фармакологічних груп. Дослідженню підлягали засоби для лікування інфекційних захворювань та захворювань крові. Аналізувалася ситуація в Київській, Одеській, Львівській та Івано-Франківській областях. Варіативними параметрами моделі були інтенсивності звернення покупців (інтенсивність генерації агентів), надходження замовлень з аптечної мережі; термін поставки готових препаратів із виробничих складів у аптечну мережу. Змінною був також загальний термін імітації. Крок імітації – один день.

Експерименти дали такі результати.

В Одеській області препарати для лікування інфекційних захворювань користуються значним попитом постійно. Ця тенденція спостерігається протягом всього імітаційного інтервалу – *рис. 4*.

Як видно з *рис. 4*, незважаючи на те, що більша питома вага в загальному обсязі закупок належить препарату 1 (який вже деякий час присутній на ринку), найбільший відсоток попиту притаманний ситуації, коли користувачам байдуже, який препарат купувати (1 або 2).

Водночас попит на досліджувані препарати-аналоги у Львівській області носить нестійкий (тимчасовий) характер і є конкретним, адресним – або препарат 1, або препарат 2. Майже відсутній попит типу «препарат 1 або препарат 2».

Що стосується ринку фармацевтичних препаратів від інфекційних захворювань Київської області, то результати дослідження цього ринку наведені на *рис. 5*.

Як видно з *рис. 5*, попит на наведені препарати значно менший, ніж в Одеській області. Покупці здебільшого зорієнтовані на купівлю препарату 1 (64,5%), сектор препарату п2 значно менший (32,2%). Сектор «байдужості» до конкретного препарату достатньо незначний (3,3%).

Що стосується препаратів лікування захворювань крові, то у цьому випадку по регіонах спостерігається зворотна картина.

Найбільший рівень захворювань крові спостерігається в Івано-Франківській області. Хоча результати продажів свідчать про більший обсяг продажів препарату 1, продажі нового препарату-аналога 2 достатньо стабільні. Сектори попиту на препарати 1 та 2 приблизно однакові за питомою вагою. Достатньо великим є сектор «байдужості» – бажаючих купити препарат 1 або препарат 2. Отримані результати досліджень наведені на *рис. 6*.

Що стосується Одеської та Київської областей, отримані результати приблизно однакові – порівняно з Івано-Франківською областю питома вага захворювань та попиту на відповідні препарати значно менша – *рис. 7*.

Ситуація 3.

Дослідження впливу скорочення часу постачання фармацевтичних препаратів до аптечної мережі на обсяги їх продажів.

З попередніх експериментів видно, що випуск на ринок препаратів-аналогів супроводжується періодом

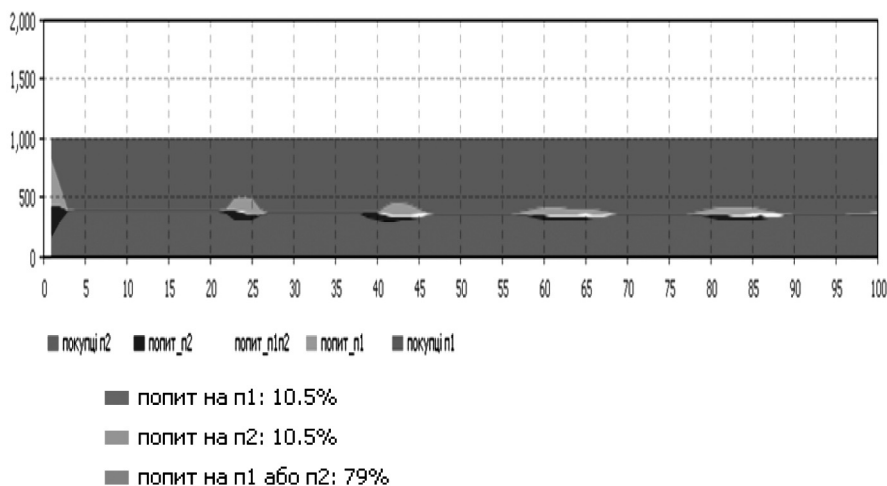


Рис. 4. Експеримент 2: дослідження фармацевтичного ринку Одеського регіону стосовно препаратів-аналогів лікування інфекційних захворювань

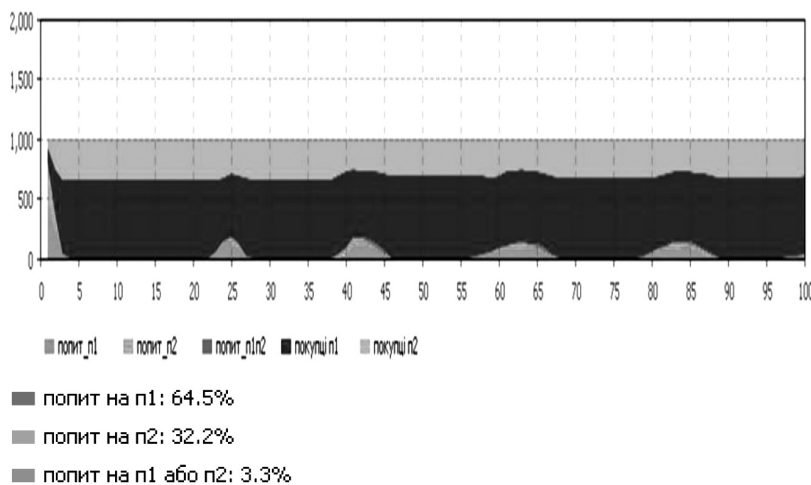


Рис. 5. Експеримент 2: дослідження фармацевтичного ринку Київської області стосовно препаратів-аналогів лікування інфекційних захворювань

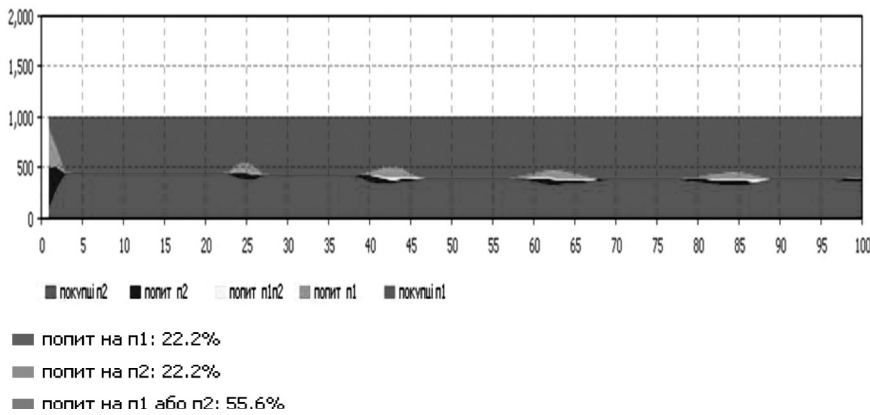


Рис. 6. Експеримент 2: дослідження фармацевтичного ринку Івано-Франківської області по препаратах-аналогах лікування захворювань крові

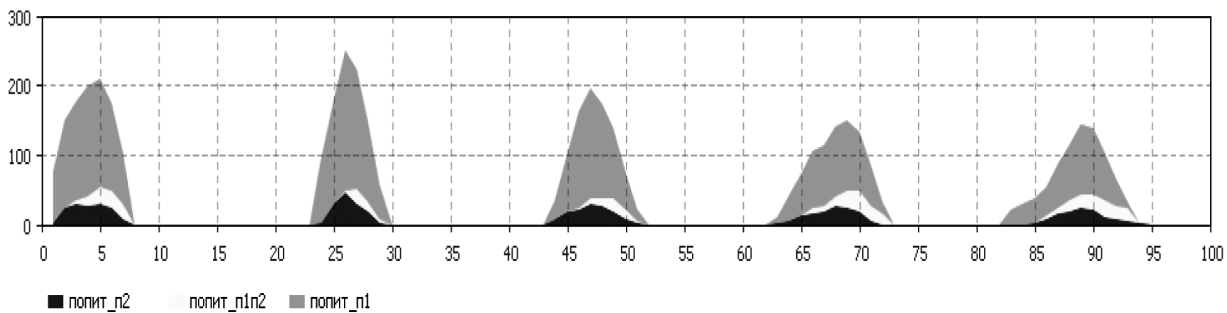


Рис. 7. Експеримент 2: дослідження фармацевтичного ринку Київської області по препаратах-аналогах лікування захворювань крові

їх «адаптації» та згодом, за сприятливими умовами (досліджувався вплив інтенсифікації реклами препаратів), спостерігається поступове збільшення їх продажів. Однак на збільшення питомої ваги продажів нових препаратів впливає також оперативне та ритмічне їх постачання до аптечної мережі, що довели результати проведених імітаційних експериментів, як показано на *рис. 8* (інтенсивність реклами однакова для обох препаратів).

Ситуація 4.

Дослідження впливу рівня запасів препаратів у аптечній мережі на обсяги продажів (*рис. 9*).

Експерименти проведені з урахуванням таких припущень:

- ✦ початкові рівні запасів обох препаратів у аптечній мережі однакові; інтенсивність реклами та час постачання зі складів готової продукції до аптечної мережі однаковий;
- ✦ при рівності інших параметрів значно збільшується рівень запасів препарату 2 в аптечній мережі.

Як видно з наведених результатів імітаційних експериментів, підвищення рівня запасів препарату, що виводиться на ринок, відіграє позитивну роль. Конкуренентоспроможність (з погляду на обсяги продажів) препарату підвищується. Якщо підприємство паралельно посилює інтенсивність реклами, можна очікувати значне скорочення терміну «адаптації» нового препарату-аналога на ринку.

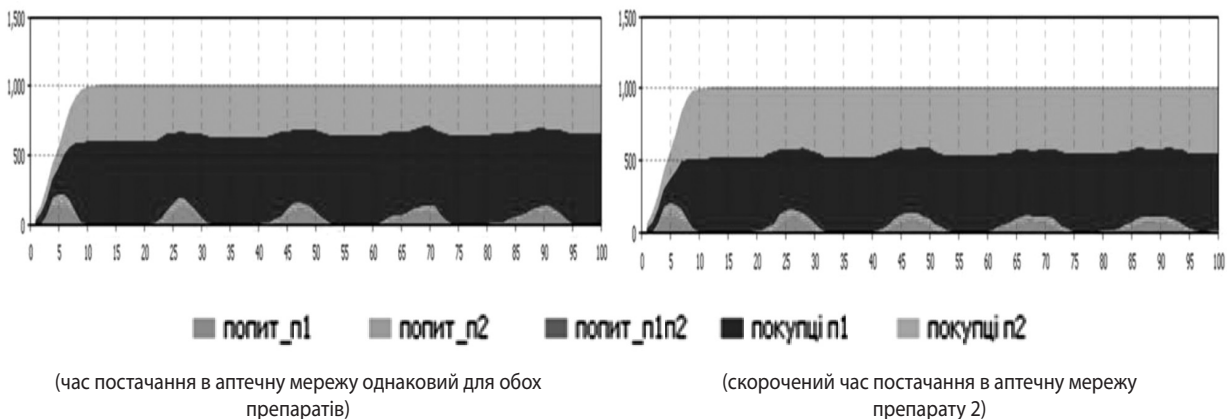


Рис. 8. Експеримент 3: дослідження впливу часу доставки продукції в аптечну мережу на обсяги продажів препаратів

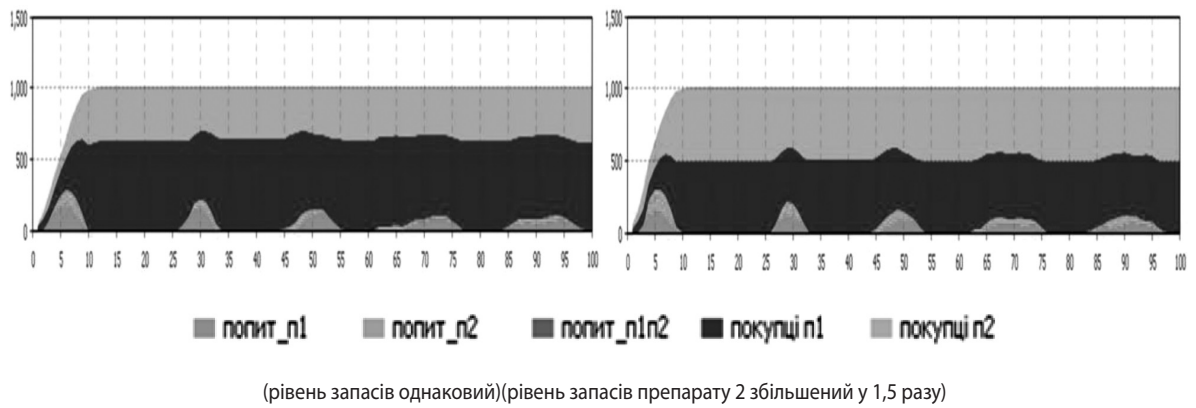


Рис. 9. Експеримент 4: дослідження впливу рівня запасів препаратів у аптечній мережі на обсяги продажів

Ситуація 5.

Дослідження дій конкурентів фармацевтичного підприємства.

Підприємство випускає фармацевтичний препарат вже достатній час, має налагоджену рекламу, визначилося із необхідним рівнем запасів у аптечній мережі. Однак підприємство-конкурент запускає на ринок препарат, який може стати більш привабливим для покупців. Згідно з цим можливі такі ситуації:

- ✦ препарат за якостями вищий за існуючий.
- ✦ препарат є повним аналогом, однак у конкурентів він має нижчу ціну.

У моделі подібні ситуації можуть бути імітовані за допомогою варіації параметрів «прогноз_п1» та «прогноз_п2». Ринкову ситуацію наведено на *рис. 10*.

З *рис. 10* видно, що препарат конкурентів має значно більшу питому вагу у загальному обсязі продажів порівняно з препаратом досліджуваного підприємства (препаратом 1). Ситуацію, що може скластися на виробництві без урахування та з урахуванням ринкових умов, наведено на *рис. 11*.

Якщо підприємство продовжує виготовлення препарату в тому ж обсязі, без урахування дій конкурентів, це призводить до затоварювання його складів, а також, враховуючи специфіку продукції (строки придатності препаратів), до можливості значних фінансових втрат. Враховуючи дії конкурентів за допомогою параметрів імітаційної моделі «прогноз_п1» та «прогноз_п2», отримуємо іншу картину.

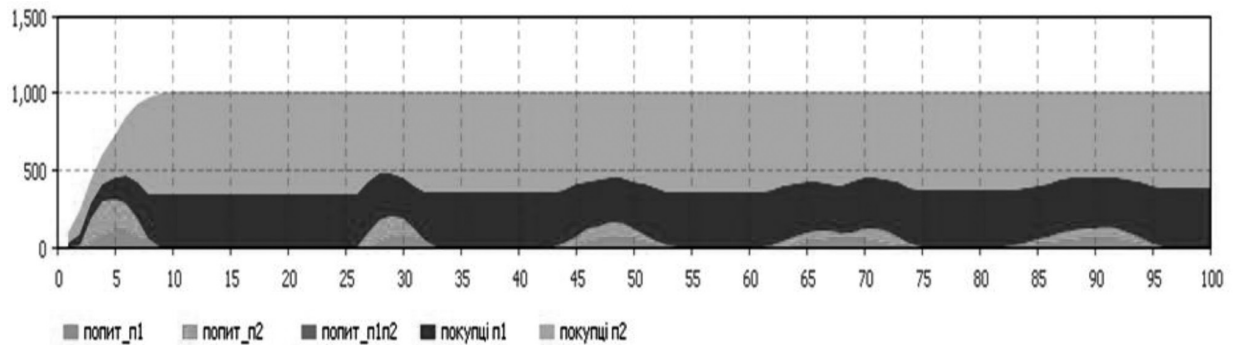


Рис. 10. Експеримент 5: дослідження двопродуктового ринку фармацевтичних препаратів в умовах конкуренції

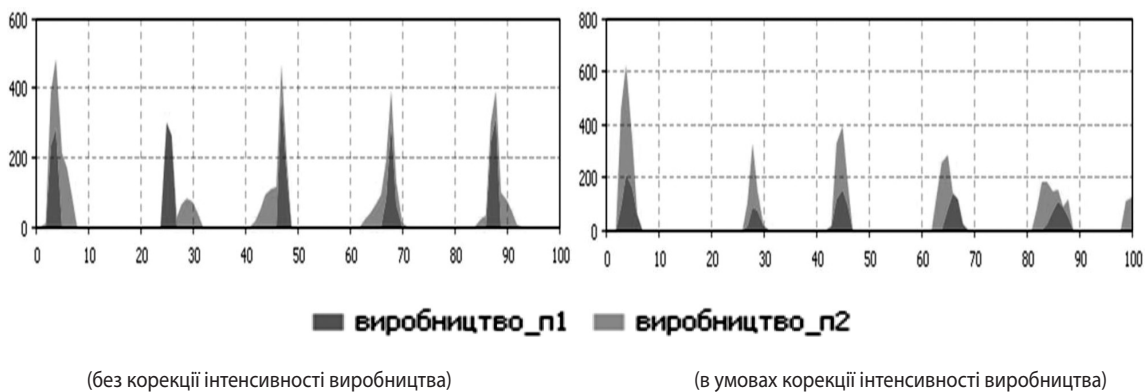


Рис. 11. Експеримент 5: дослідження двопродуктового ринку фармацевтичних препаратів в умовах конкуренції

Таким чином, за умов урахування дій конкурентів підприємство має можливість своєчасно коректувати плани виробництва. У цьому прикладі – доцільно скорочувати виробництво зайвої продукції (препарат 1), водночас перерозподіливши звільнені потужності на випуск більш затребуваної продукції.

ВИСНОВКИ

Згідно з отриманими результатами можна дійти висновків, що найважливішими варіативними параметрами моделі, які визначають вплив на кінцеві результати функціонування підприємства, є інтенсивність реклами конкретного препарату, ритмічна й оперативна поставка препаратів в аптечну мережу, підтримка аптечних запасів на відповідному рівні, а також урахування й оперативне реагування на дії конкурентів.

Окрім стандартних, на моделі можливо проведення оптимізаційних експериментів, наприклад, оптимізації обсягів продажів фармацевтичних препаратів. Загалом система AnyLogic підтримує серію експериментів – від стандартного й оптимізаційного до експерименту Монте-Карло, оцінки ризиків, оцінки чутливості, варіації параметрів тощо.

Таким чином, на базі наведеної моделі можна проводити різноманітні імітаційні експерименти, які відповідають ситуаціям, що виникають на фармацевтичному ринку.

Спектр прикладного використання високотехнологічних платформ імітаційного моделювання, зокрема системи багатопідходного моделювання AnyLogic, є практично необмеженим. Імітаційні експерименти на моделях, створених на цій платформі, надають дослідникам систем ринку такі можливості:

- ✦ імітацію різних сценаріїв розвитку подій з пошуком найбільш ефективного (оптимального) рішення для уніфікації складних бізнес-систем;
- ✦ створення моделей-тренажерів для визначення обґрунтованих управлінських рішень з подальшим аналізом їх наслідків.
- ✦ функціонування складних бізнес-систем може бути наведено у вигляді наглядних процесів змін станів елементів системи та їх зв'язків. Завдяки цьому відтворюється поведінка складної системи оперативного аналізу тих ситуацій, що виникають;
- ✦ порівняння реальних процесів з їх модельним представленням з метою виявлення причин і джерел порушення нормального функціонування бізнес-систем. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Каталевский Д. Ю. Солодов В. В., Кравченко К. К., Панов Р. А. Моделирование поведения потребителей. URL: <http://www.anylogic.ru/upload/iblock/cc3/cc3ef664905f3a5cbcaac4f6b5956a75.pdf>
2. Павлов И. А. Поведенческая экономическая теория – позитивный подход к исследованию человеческого поведения (научный доклад). М.: ИЭ РАН, 2007. 62 с.

3. Хэндс У. Нормативная теория рационального выбора: прошлое, настоящее и будущее. Вопросы экономики. 2012. № 10. С. 52–74.

4. Kahneman, D. Maps of Bounded Rationality: a Perspective on Intuitive Judgement and Choice. Nobel Prize lecture, December 8, 2002. URL: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2002/kahnemann-lecture.pdf

5. Kahneman, D., Tversky, A. Prospect theory: An analysis of decisions under risk. *Econometrica*. 1979. Vol. 47. No. 2. P. 263–292.

6. Kahneman, D. Maps of Bounded Rationality: Psychology of Behavioral Economics. *The American Economic Review*. 2003. Vol. 93. No. 5. P. 1449–1475.

7. Rubinstein, A. Modelling Bounded Rationality. Cambridge, MA, MIT Press. 1998. 220 p.

8. Simon, H. A. Reason in Human Affairs. Stanford: Stanford University Press, 1983. 128 p.

9. Thaler, R. H. Mental accounting matters. *Journal of Behavioral Decision Making*. 1999. Vol. 12. Issue 3. P. 183–206.

10. Борщев А. В. Как построить простые, красивые и полезные модели сложных систем // Имитационное моделирование. Теория и практика: материалы конф. ИММОД-2013. URL: <http://simulation.su/static/ru-immod-2013.html>

11. Борщев А. Имитационное моделирование: состоящие области на 2015 год, тенденции и прогноз // Имитационное моделирование. Теория и практика: материалы конф. ИММОД-2015. URL: http://www.anylogic.ru/upload/pdf/immod15_borshchev_statia.pdf

12. Девятков В. В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: монография. М.: ИНФРА-М, 2013. 418 с.

13. Ивашкин Ю. А. Мультиагентное имитационное моделирование больших систем. М.: МГУПБ, 2015. 238 с.

14. Лычкина Н. Н. Динамическое имитационное моделирование развития социально-экономических систем и его применение в информационно-аналитических решениях для стратегического управления. *Стратегии бизнеса*. 2013. № 2 (2). С. 44–49.

15. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М.: Мир, 1978. 418 с.

16. Winter Simulation Conference (WSC). URL: www.winter-sim.org

17. International System Dynamics Conference. URL: conference.systemdynamics.org

18. Материалы ASIM. URL: www.asim-gi.org

19. Материалы научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика». (ИММОД-2011, 2013, 2015, 2017). URL: [http://simulation.su/static/ru-immod-2017\(2015,2013,2011\).html](http://simulation.su/static/ru-immod-2017(2015,2013,2011).html)

20. Материалы европейского конгрессу EUROSIM. URL: www.eurosim.info

21. Сайт The AnyLogic company. URL: <http://www.anylogic.ru/>

22. Девятков В. В. Эволюция имитационного моделирования – от «искусства и науки» до массовому применению // Имитационное моделирование. Теория и практика: материалы конф. ИММОД-2017. URL: <http://simulation.su/static/ru-articles-2017.html>

23. Назаров А. А. Характеристика современных инструментов для имитационного моделирования при исследовании механизмов управления социально-экономическими процессами и системами // Имитационное моделирование. Теория и практика: материалы конф. ИММОД-2017. URL: <http://simulation.su/static/ru-articles-2017.html>

24. Боев В. Д. Моделирование в AnyLogic. СПб.: ВАС, 2016. 412 с.

25. Григорьев И. Anylogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию, 2016. 202 с.

26. Портал моделей системы AnyLogic. URL: <https://runthemodel.com/>

REFERENCES

Borshchev, A. "Imitatsionnoye modelirovaniye: sostoyaniye oblasti na 2015 god, tendentsii i prognoz" [Simulation modeling: the state of the region for 2015, trends and forecast]. Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika. http://www.anylogic.ru/upload/pdf/immod15_borshchev_statia.pdf

Borshchev, A. V. "Kak postroit prostyye, krasivyye i poleznyye modeli slozhnykh sistem" [How to build simple, beautiful and useful models of complex systems]. Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika. <http://simulation.su/static/ru-immod-2013.html>

Boyev, V. D. *Modelirovaniye v AnyLogic* [Modeling in AnyLogic]. St. Petersburg: VAS, 2016.

Devyatkov, V. V. "Evolutsiya imitatsionnogo modelirovaniya – ot «iskusstva i nauki» k massovomu primeneniyu" [The evolution of simulation modeling – from "art and science" to mass application]. Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika. <http://simulation.su/static/ru-articles-2017.html>

Devyatkov, V. V. *Metodologiya i tekhnologiya imitatsionnykh issledovaniy slozhnykh sistem: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya* [Methodology and technology of simulation studies of complex systems: the current state and development prospects]. Moscow: INFRA-M, 2013.

Grigorev, I. *Anylogic za tri dnya. Prakticheskoye posobiye po imitatsionnomu modelirovaniyu* [Anylogic for three days. Practical manual on simulation], 2016.

International System Dynamics Conference. conference.systemdynamics.org

Ivashkin, Yu. A. *Multiagentnoye imitatsionnoye modelirovaniye bolshikh sistem* [Multiagent simulation of large systems]. Moscow: MGUPB, 2015.

Kahneman, D. "Maps of Bounded Rationality: a Perspective on Intuitive Judgement and Choice" Nobel Prize lecture, December 8, 2002. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2002/kahnemann-lecture.pdf

Kahneman, D. "Maps of Bounded Rationality: Psychology of Behavioral Economics". *The American Economic Review*. Vol. 93, no. 5 (2003): 1449-1475.

Kahneman, D., and Tversky, A. "Prospect theory: An analysis of decisions under risk". *Econometrica*. Vol. 47, no. 2 (1979): 263-292.

Katalevskiy, D. Yu. et al. "Modelirovaniye povedeniya potrebitel'ey" [Modeling of consumer behavior]. <http://www.anylogic.ru/upload/iblock/cc3/cc3ef664905f3a5cbcaac4f6b5956a75.pdf>

Khends, U. "Normativnaya teoriya ratsionalnogo vybora: proshloye, nastoyashcheye i budushcheye" [Normative theory of rational choice: past, present and future]. *Voprosy ekonomiki*, no. 10 (2012): 52-74.

Lychkina, N. N. "Dinamicheskoye imitatsionnoye modelirovaniye razvitiya sotsialno-ekonomicheskikh sistem i yego primeneniye v informatsionno-analiticheskikh resheniyakh dlya strategicheskogo upravleniya" [Dynamic simulation of the development of socio-economic systems and its application in information and analytical solutions for strategic management]. *Strategii biznesa*, no. 2 (2) (2013): 44-49.

"Materialy ASIM" [Materials ASIM]. <http://www.asim-gi.org>

"Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii po imitatsionnomu modelirovaniyu i yego primeneniyu v nauke i promyshlennosti «Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika». (IMMOD-2011, 2013, 2015, 2017)" [Materials of the scientific-practical conference on simulation and its application in science and industry "Simulation

modeling. Theory and practice". (IMMOD-2011, 2013, 2015, 2017)]. [http://simulation.su/static/ru-immod-2017\(2015,2013,2011\).html](http://simulation.su/static/ru-immod-2017(2015,2013,2011).html)

"Materialy yevropeiskoho konhresu EUROSIM" [Materials of the European Congress of EUROSIM]. <http://www.eurosim.info>

Nazarov, A. A. "Kharakteristika sovremennykh instrumentov dlya imitatsionnogo modelirovaniya pri issledovanii mekhanizmov upravleniya sotsialno-ekonomicheskimi protsessami i sistemami" [Characteristics of modern tools for simulation in the study of mechanisms for managing socio-economic processes and systems]. Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika. <http://simulation.su/static/ru-articles-2017.html>

Pavlov, I. A. *Povedencheskaya ekonomicheskaya teoriya – pozitivnyy podkhod k issledovaniyu chelovecheskogo povedeniya (nauchnyy doklad)* [Behavioral economic theory – a positive approach to the study of human behavior (scientific report)]. Moscow: IE RAN, 2007.

Portal modeley sistema AnyLogic. <https://runthemodel.com/>

Rubinstein, A. *Modelling Bounded Rationality*. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.

Sayt The AnyLogic company. <http://www.anylogic.ru/>

Shennon, R. *Imitatsionnoye modelirovaniye sistem – iskusstvo i nauka* [Simulation of systems is an art and a science]. Moscow: Mir, 1978.

Simon, N. A. *Reason in Human Affairs*. Stanford: Stanford University Press, 1983.

Thaler, R. H. "Mental accounting matters". *Journal of Behavioral Decision Making*. Vol. 12, no. 3 (1999): 183-206.

Winter Simulation Conference (WSC). <http://www.winter-sim.org>