

ekonomiky ta menedzhmentu [Economic problems of the sustainable development: materials of International Scientific Conference are dedicated to the 20th anniversary of the scientific activities of the Faculty of Economics and Management], vol. 2, pp. 76-77. (in Ukr.).

10. Petrova V.F., Pushkar T.A. (2012). The financial security of the region as a prerequisite for sustainable socio-economic development. *Menedzhment mis'koho i rehional'noho rozvytku 2012. [Management of urban and regional development in 2012]*, Kharkiv, pp.82-85. (in Ukr.).

11. Novyts'kyj V. Ye. (2003). *Mizhnarodna ekonomichna diial'nist' Ukrainy, [The international economic activity of Ukraine]*. Kyiv, 948 p. (in Ukr.).

12. Kirieva E.A. (2012). The regional food security: the gist and management tools. *Effective economics*, vol. 8. Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2921>. (in Ukr.).

13. Vitkovskaja G. S., Panarina S. A. (2000) *Migracija i bezopasnost' v Rossii [Migration and Security in Russia]* Moscow. 360 p. (in Rus.)

14. Tatarin A.I. (1997). *Jekonomicheskaja bezopasnost' regiona: edinstvo teorii, metodologii issledovanija i praktiki [The economic security of the region: the unity of theory, research methodology and practice]* Ekaterinburg, 327 p. (in Rus.)

15. Efremov K.I. (2002). The question of evaluation the economic security of the region. *Pytannia statystyky [statistics Questions]*, vol. 2, pp. 57-59. (in Ukr.).

16. Heiets' V. M., Kyzym M. O., Klebanova T. S., Cherniak T. S. (2006). *Modelljuvannia ekonomichnoi bezpeky: derzhava, rehion, pidpryemstvo [Modeling of economic security: state, region, enterprise]*, Kharkov, 240 p. (in Ukr.).

17. Herasymchuk Z.V., Vavdiuk N.S. (2010). *Ekonomichna bezpeka rehionu: diahnozyta ta mekhanizm zabezpechennia, [The economic security of the region: diagnosis and mechanism to support]*, Lutsk, 244 p. (in Ukr.).

18. Bilyk R. (2015). Financial support of regional development in Ukraine in the context of decentralization. *Visnyk Kyivs'koho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Ekonomika*, vol. 2, no. 167, available at: DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2667.2015/167-2/7> (in Ukr.).

19. State Statistics Service of Ukraine (2015). *Statistical Yearbook of Ukraine for 2014*. Statistical yearbook, Derzhkomstat, Kyiv (in Ukr.).

Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Economics, 2016; 8(185): 38-44

УДК 656.135

JEL Classification: C15, C61

DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2667.2016/185-8/5>

Ю. Тараненко, асп.,

І. Федоренко, канд. екон. наук, доц.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

В роботі застосовувалась модель Beer Gate для управління логістичними процесами на підприємстві. Імітаційна модель була реалізована в пакеті AnyLogic. Це дало можливість провести експерименти та визначити оптимальний розмір запасів продукції на підприємстві та на складах його замовників.

Ключові слова: логістичні процеси, управління запасами, модель, моделювання, оптимізація, імітаційне моделювання, витрати.

Вступ. На сьогодні перед керівниками багатьох компаній постає питання раціонального управління логістичними процесами різного рівня, починаючи з внутрішньої логістики підприємства та закінчуючи глобальною логістикою (перевезення вантажу по всьому світові). Для цього застосовують різні методи, в тому числі як аналітичні, так і імітаційні методи моделювання. При аналітичному моделюванні логістичні процеси описують у вигляді деяких функціональних співвідношень (алгебраїчних, диференціальних, інтегральних рівнянь). Імітаційне моделювання – це гнучкий багатофункціональний підхід для описування процесів складської логістики, транспортної логістики та управління ланцюгами постачання в плануванні, контролі та управлінні. Імітаційна модель дозволяє відображати взаємозв'язки між елементами логістичної системи, прогнозувати альтернативні варіанти розвитку подій, допомагає виявити ситуації, що потребують особливої уваги менеджерів, створювати звіти для детального розуміння поведінки логістичної системи та приймати стратегічні рішення. Метою підприємства є ефективне управління своїми ресурсами, включаючи готову продукцію, на всьому ланцюгу постачання в необхідній кількості, в необхідній комплектації, в зазначений час та за конкурентоспроможною ціною.

Огляд літератури. За останні роки значно зріс інтерес вітчизняних та зарубіжних вчених до управління логістичними процесами на підприємствах, таких як: О.І. Бабіна, Д.Дж. Бауерсокс, О.О. Бакаєв, Р.Н. Кветній, Є.В. Крикавський, О.П. Кутах, Л.І. Мошковіч, Л.А. Пономаренко, І.С. Рикванова, З.М. Соколовська Л.А. Янковська та інші [1-2, 4-5, 7, 9-12]. Науковці постійно удосконалюють методи управління та намагаються покращити діяльність підприємства в цілому. Бакаєв О.О. описав головні моделі логістичних процесів та сучасні інформаційні технології для їх реалізації, приділив значну увагу новим принципам та засобам логістичного

управління, різним логістичним концепціям [2]. Бабіна О.І. намагалась поєднати аналітичні та імітаційні методи моделювання в логістиці [1]. В США щорічно проводиться Winter Simulation Conference, де представляються основні здобутки імітаційного моделювання ланцюгів постачання [12]. Однак, виникає необхідність в імітаційному моделюванні логістичних процесів з урахуванням специфіки діяльності підприємства.

Методологія дослідження. У процесі дослідження використовувався системний метод для відображення логістичних процесів, при побудові імітаційної моделі застосовувалися методи імітаційного моделювання. Також для досягнення поставленої мети методологічною основою дослідження стали такі прийоми, як групування та графічне представлення результатів дослідження.

Метою дослідження є проведення імітаційного моделювання логістичних процесів на підприємстві з динамічним попитом, що дозволить оптимізувати рівень складських запасів в ланцюзі постачання при мінімальних логістичних витратах.

Основні результати.

Імітаційне моделювання допомагає при вирішенні оптимізаційних логістичних задач, а також при:

- проведенні експериментів для визначення зміни поведінки досліджуваного об'єкта (оцінка впливу на запаси, ресурси, склади, кількість виконаних замовлень при динамічному попиті);
- аналізі чутливості моделі при змінні різних параметрів;
- визначенні оптимального розміщення та розмірів складів;
- визначенні оптимальних маршрутів доставки та кількості транспортних засобів;
- формування графіку поставки продукції [5, 11].

За останні роки широке застосування отримала концепція оптимізації імітаційного моделювання (англ.

simulation optimization), на базі якої розроблено пакети оптимізації, інтегровані в системи імітаційного моделювання і дозволяють користувачам автоматично знаходити оптимальні рішення [9].

Оптимізаційна імітаційна модель складається з двох моделей: імітаційної та оптимізаційної, взаємозалежність яких представлена на рис. 1.

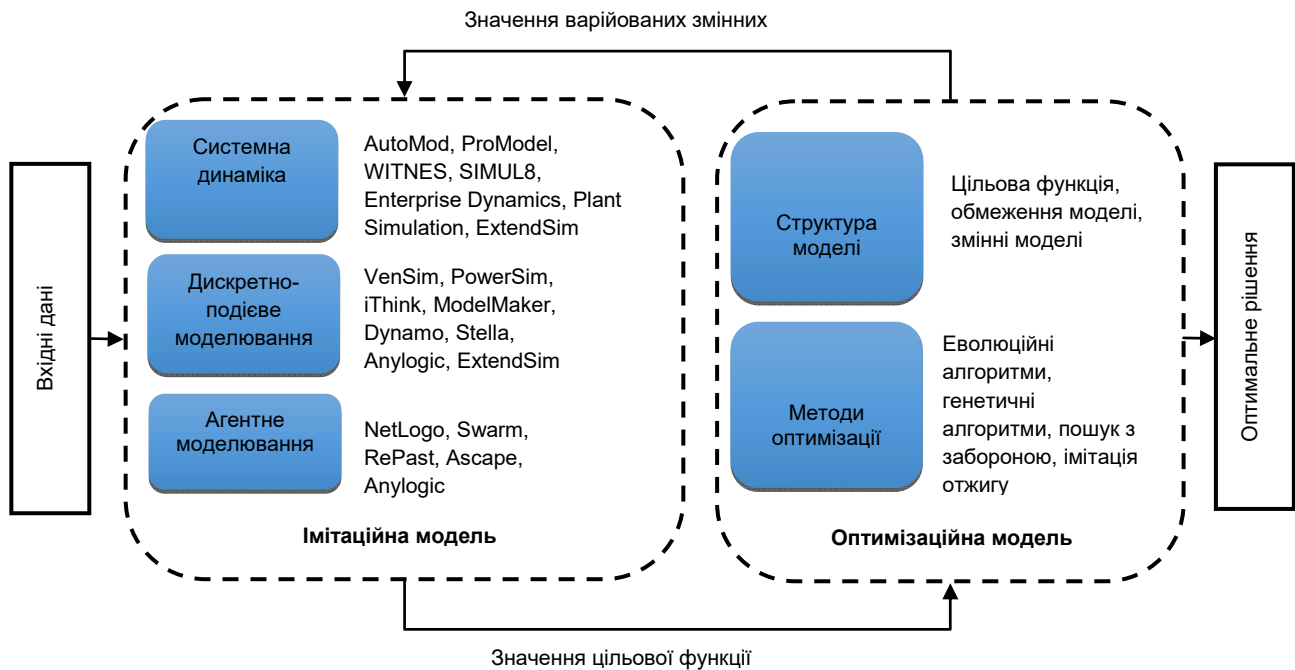


Рис. 1. Взаємозалежність імітаційної та оптимізаційної моделей

Джерело: власна розробка авторів.

Імітаційна модель – програма, яка дозволяє досліджувати процес функціонування системи шляхом проведення експериментів на комп'ютері. Структура імітаційної моделі в значній мірі залежить від вибору підходу моделювання, що відповідає обраному рівню абстракції на етапі постановки задачі моделювання. На сьогодні існують три найбільш поширені підходи до імітаційного моделювання: системна динаміка, дискретно-подієвого моделювання (процесно-орієнтоване), агентне моделювання. Для кожного з підходів розроблено свої пакети імітаційного моделювання [4].

Перші два підходи є "традиційними" методами імітаційного моделювання, що з'явилися в 50-60 х роках. Агентне моделювання – відносно новий метод, що отримав широке практичне розповсюдження тільки після 2000 року, але вже встиг набрати оберти. Системна динаміка і дискретно-подієвого моделювання розглядають систему зверху вниз, працюючи на системному рівні. Агентне моделювання – це підхід знизу-вгору: творець моделі фокусується на поведінці індивідуальних об'єктів.

Системна динаміка передбачає високий рівень абстракції і використовується в основному для завдань стратегічного рівня. Процесно-орієнтований (дискретно-подієвий) підхід використовується в основному на операційному і тактичному рівні. Застосування агентних моделей включає завдання будь-якого рівня абстракції: агент може представляти компанію на ринку, покупця, проект, ідею, транспортний засіб, ресурси та ін. [8].

Оптимізаційна модель – модель, яка може включати одну (однокритеріальна модель) або декілька (багатокритеріальна модель) цільових функцій, які дозволяють знаходити оптимальне рішення з розглянутих альтернатив.

Оптимізація полягає в послідовному виконанні декількох прогонів моделі з різними значеннями параметрів і знаходженні оптимальних результатів, при яких цільова функція досягає свого екстремуму.

Структура оптимізаційної моделі складається з трьох основних елементів: цільової функції, обмежень та її змінних. В загальному випадку модель оптимізації може бути описана наступним чином:

$$\text{Цільова функція: } K = f(x_1, \dots, x_j, \dots, x_n; \alpha_1, \dots, \alpha_k, \dots, \alpha_l) \rightarrow \text{extr}$$

$$\text{Обмеження моделі: } g_i = g_i(x_1, \dots, x_j, \dots, x_n; \alpha_1, \dots, \alpha_k, \dots, \alpha_l) \begin{cases} \leq \\ \geq \\ = \end{cases} b_i$$

$$\text{Змінні моделі: } X = (x_1, \dots, x_j, \dots, x_n)$$

де K – критерій оптимальності; f – цільова функція, тобто формалізоване представлення критерію оптимальності; g_i – обмеження моделі, $i = \overline{1, m}$; b_i – значення обмежень моделі; x_j – змінна моделі, $j = \overline{1, n}$; α_k – заданий параметр моделі, $k = \overline{1, l}$.

Рішення задачі оптимізації полягає в знаходженні множини оптимальних значень змінних $X^* = (x_1^*, \dots, x_j^*, \dots, x_n^*)$, що забезпечують знаходження екстремуму функції та виконання обмежень моделі.

Цільова функція будується як математичний вираз, до складу якого входять вихідні показники і (іноді) задані параметри моделі. Обмеження моделі звужують область допустимих рішень моделі, задають діапазон допустимих значень для змінних, задовольняють всім заданим обмеженням, і тим самим дозволяють знаходити прийнятні рішення задачі моделювання. Обмеження можуть бути двох типів: що на-

кладаються на одну змінну (іноді в літературі їх називають межами) і накладаються на зв'язки між змінними моделі (найчастіше їх називають вимогами). Межі моделі задають верхній і / або нижній діапазон значень змінних. Змінні моделі – це величини, значення яких необхідно оптимізувати.

Як правило, робота алгоритмів оптимізації пов'язана з необхідністю виконувати сотні і тисячі прогонів моделі, тому вимога високої продуктивності оптимізаційної імітаційної моделі є дуже важливим. Основними чинниками, що впливають на пошукову продуктивність є наступні [7]:

- ступінь стохастичності імітаційної моделі;
- кількість змінних моделі;
- початкові значення змінних моделі;
- обмеження, що накладаються на змінні моделі;
- вигляд цільової функції
- швидкість виконання прогону моделі.

Між елементами логістичної системи, а саме: ритейлерами, оптовиками та підприємством виникають інформаційні та матеріальні потоки. Інформаційний потік представляє собою потік повідомлень між учасниками логістичного ланцюга (підприємством, дистриб'юторами, магазинами, постачальниками та іншими) для забезпечення руху матеріального потоку від однієї логістичної системи до іншої або до кінцевого споживача [8]. Інформаційним вхідним параметром є попит на продукцію, а вихідним – виконання замовлення. Матеріальний потік – потік ресурсів, готової продукції та інші, які характеризуються наступними параметрами: номенклатурою та кількістю продукції; розмірністю та ваговими характеристиками; фізико-хімічними особливостями матеріалів; умовами транспортування та зберігання; вартісними характеристиками (тарифами) та іншими. Матеріальним вхідним потоком є рівень запасів, транспортних засобів, а вихідним – відвантаження продукції (рис. 2).

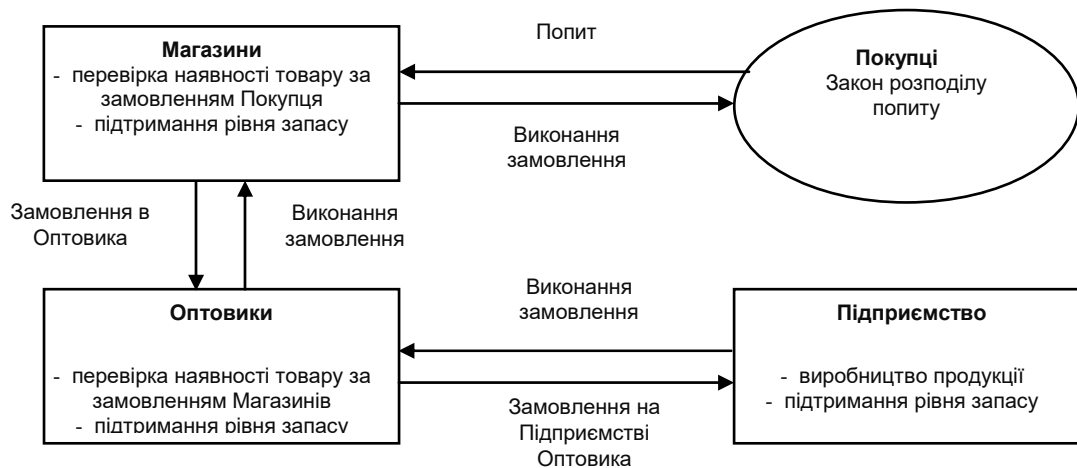


Рис. 2. Схема імітаційної моделі управління запасами між елементами логістичної системи

Джерело: власна розробка авторів

В пакеті AnyLogic була адаптована задача Beer Game для м'ясопереробного підприємства ВКФ "Укрпропостач-95" ЛТД. Логістична задача імітаційної моделі полягає в управлінні ланцюжком поставок, до складу якого входять ритейлери, оптовики та підприємство. Клієнти (покупці) звертаються до магазинів (ритейлерів) та формують попит на товар, який може змінюватися в часі. Якщо товар є в наявності, його продають, інакше – замовляють в оптовиків. При перевищенні попиту над пропозицією ведеться облік заборгованості по замовленням. На початку кожного дня ритейлери та оптовики проводять ревізію своїх запасів і вирішують яку кількість товару потрібно замовити. Так само і на підприємстві приймається рішення про те, скільки одиниць товару потрібно виготовити або замовити у постачальника (якщо це торговельне підприємство). Метою імітаційної моделі є мінімізація загальних логістичних витрат, пов'язаних зі зберіганням запасів, доставкою замовлення та можливим дефіцитом продукції.

Для підприємства "Укрпромстач-95" відомо, що зберігання 1 тони продукції становить 100 грн. за

день, доставка замовлення складає 850 грн. за 1 тону, наявність дефіциту 1 тони продукції на складі призводить до недоотримання прибутку у розмірі 11,9 тис. грн. Моделювання проводиться протягом року день за днем. Кожен учасник логістичного ланцюга виконує наступні дії: отримує нові поставки продукції, прийом замовлення на продукцію, визначає обсяг поповнення запасів, при наявності необхідної кількості запасів доставляє товар замовнику. При цьому в моделі враховуються затримки, пов'язані з обслуговуванням запиту і доставкою.

Використовуючи пакет EViews, представлено статистичну інформацію попиту на ковбасні вироби (demand) за щомісячними даними протягом 2013-2015 рр., в результаті чого видно, що найбільше значення становить 418,32 т, найменше – 233,24 т, вибіркове середнє – 331,74 т, медіана ряду – 332,4 т, середньоквадратичне відхилення – 53,4 т, ступінь асиметричності ряду – 0,06. За статистикою Жарка-Бера (значення $Prob.=0,46 > 0,05$) можна сказати, що розподіл ряду є нормальним (рис. 3).

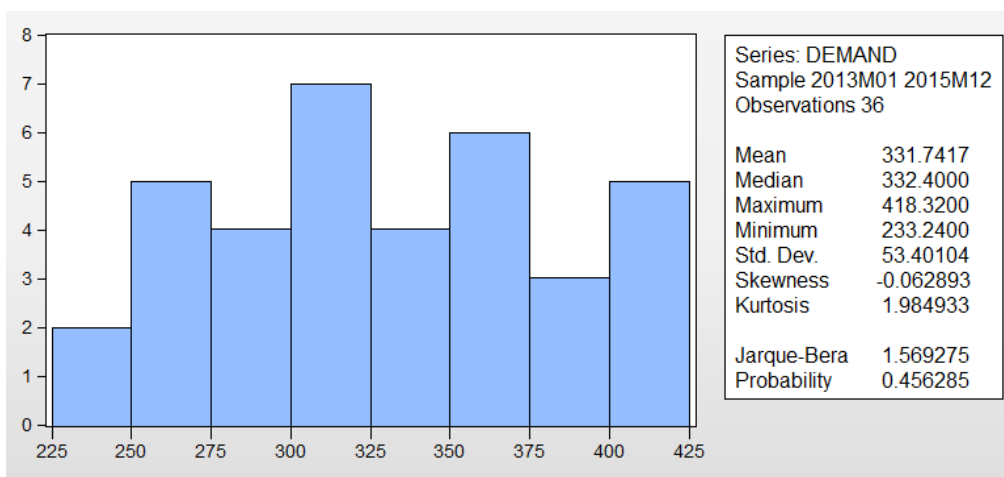


Рис. 3. Основні статистичні характеристики ряду demand

Джерело: власні розрахунки авторів за даними [3].

Був побудований прогноз на 2016 рік, який становив 3553,16 т. З урахуванням щомісячної частки ковбасних

виробів за попередні роки визначено щомісячний прогноз попиту на 2016 рік (рис. 4).

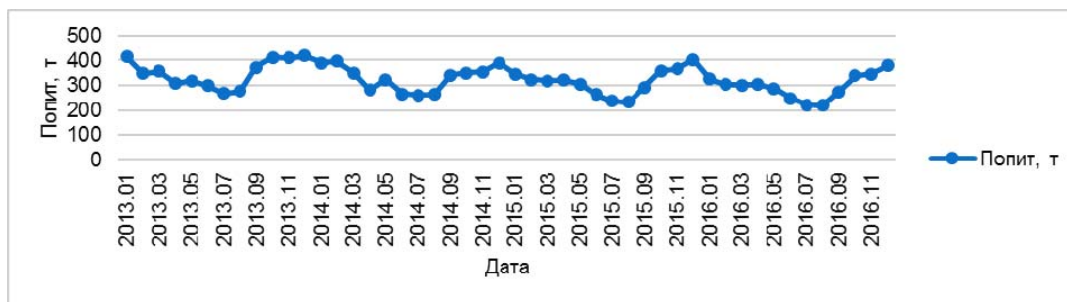


Рис. 4. Прогноз попиту на ковбасні вироби на 2016 р.

Джерело: власні розрахунки авторів за даними [3, 6].

Отриманий щомісячний попит на 2016 р. було використано в імітаційній моделі як вхідний параметр.

В пакеті AnyLogic для задачі Beer Game можна задавати параметри вручну – поточний, мінімальний та

максимальний рівень складських запасів для ритейлера, оптовиків, підприємства та прослідкувати зміну загальних логістичних витрат протягом року. Результати експериментів показано в табл. 1

Таблиця 1. Результати експериментів імітаційної моделі

Експеримент		1	2	3	4	5
Роздрібна торгівля	Поточний рівень запасу (т.)	50	50	25	50	26
	Мін. запас продукції (т.)	30	10	10	15	20
	Макс. запас продукції (т.)	80	100	150	105	80
Оптова торгівля	Поточний рівень запасу (т.)	50	50	30	50	35
	Мін. запас продукції (т.)	30	7	15	15	27
	Макс. запас продукції (т.)	100	150	190	110	81
Підприємство	Поточний рівень запасу (т.)	50	50	70	50	41
	Мін. запас продукції (т.)	30	30	30	15	22
	Макс. запас продукції (т.)	120	200	200	120	92
Витрати на зберігання запасів за рік, тис. грн.		3 888,4	5 676,8	9 445,9	5 157,3	3 271,8
Витрати на доставку продукції за рік, тис. грн.		10 730,4	8 893,6	10 463,5	10 326,6	10 780,6
Витрати пов'язані з дефіцитом продукції за рік, тис. грн.		19 992	179 666,2	108 194,8	45 815	24 811,5
Загальні витрати за рік, тис. грн.		34 610,8	194 236,6	128 104,2	61 298,9	38 863,9

Джерело: власні розрахунки авторів.

З табл. 1 видно, що найкращий результат досягається при наступних параметрах: для магазину рівень запасу мінімальний 30 т. та максимальний 80 т., для оптовиків – 30 т. та 100 т., для підприємства – 30 т. та

120 т. відповідно. При цьому загальні логістичні витрати будуть найменшими та складатимуть 34 610,8 тис. грн. Основні результати для першого експерименту представлені на рис. 5 – рис. 7.

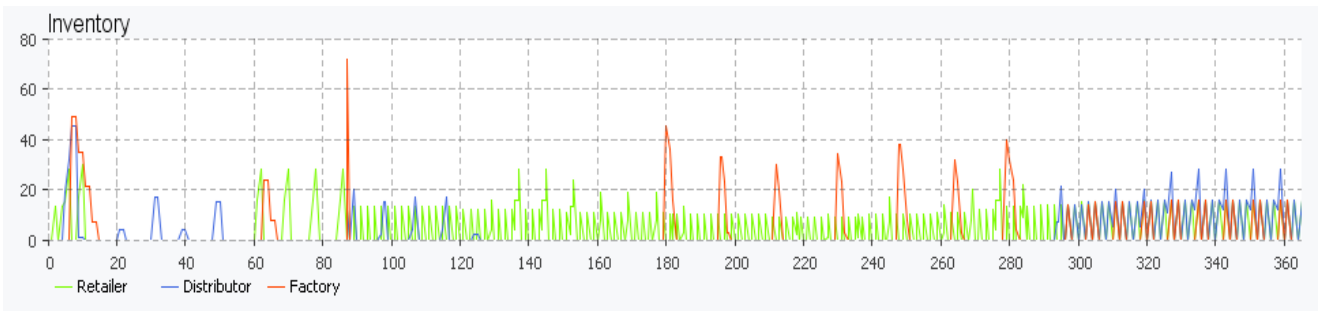


Рис. 5. Рівень запасів для всіх учасників логістичних процесів протягом року

Джерело: власні розрахунки авторів за даними [3].

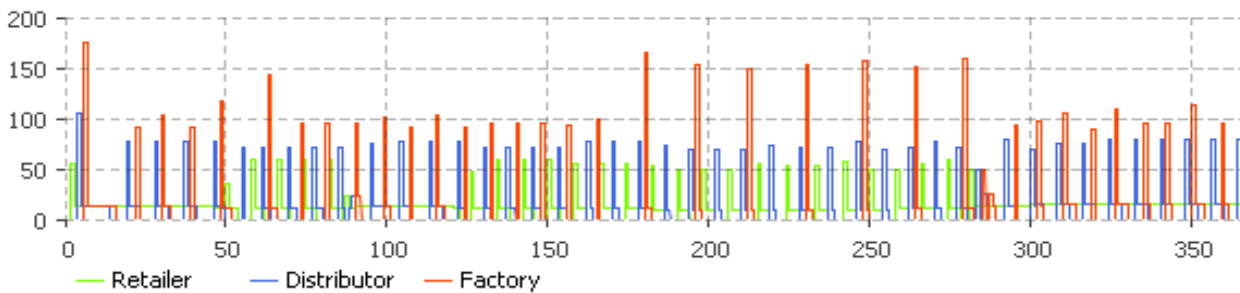


Рис. 6. Обсяги поповнення запасів для всіх учасників логістичних процесів протягом року

Джерело: власні розрахунки авторів за даними [3].

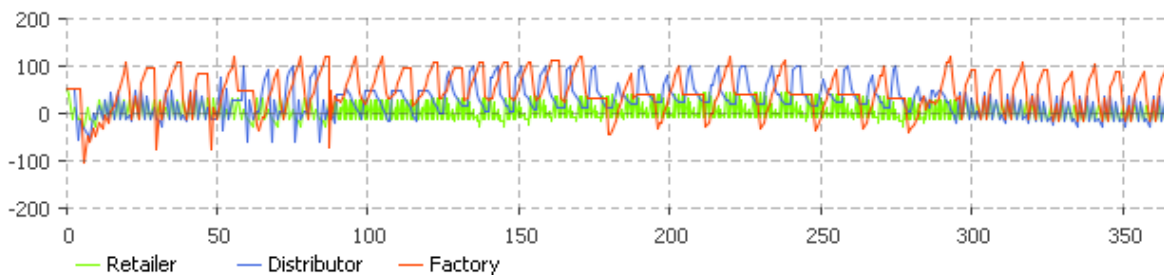


Рис. 7. Обсяги дефіциту для всіх учасників логістичних процесів протягом року

Джерело: власні розрахунки авторів за даними [3].

В програмі AnyLogic була побудована оптимізація моделі Beer Game. Оптимізація полягає в знаходженні таких параметрів моделі, при яких досягається опти-

мальне значення заданої цільової функції. Також задаються обмеження на значення параметрів та змінних моделі.

Цільова функція (мінімізація загальних витрат):

$$\text{root.storageCostTotal} + \text{root.deliveryCostTotal} + \text{root.backlogCostTotal} \rightarrow \min$$

Змінні параметри моделі:

Параметр		Значення		
		Min	Max	Крок
Роздрібна торгівля	sRetailer	0	200	1
	SRetailer	0	200	1
Оптова торгівля	sDistributor	0	200	1
	SDistributor	0	200	1
Підприємство	sFactory	0	200	1
	SFactory	0	200	1

Обмеження:

$$S\text{Factory} - s\text{Factory} \geq 0$$

$$S\text{Distributor} - s\text{Distributor} \geq 0$$

$$S\text{Retailer} - s\text{Retailer} \geq 0$$

Вимога:

$$\text{root.back logCostTotal} = 0$$

Тобто дефіцит в моделі не допускається.

В результаті проведеної оптимізації (500 ітерацій) отримані наступні результати (рис. 8, табл. 2):

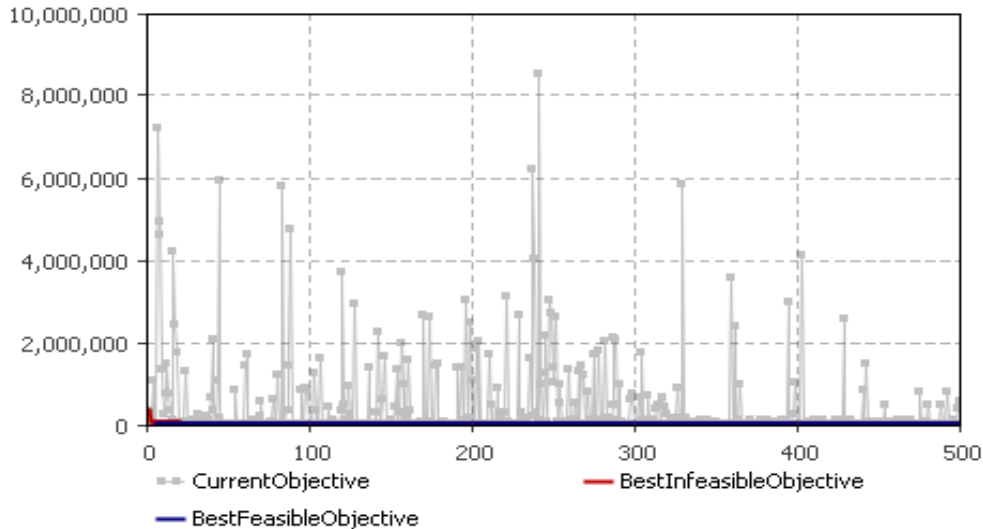


Рис. 8. Графік прогресу виконання оптимізації

Джерело: власні розрахунки авторів за даними [3]

Таблиця 2. Результат оптимізації

Параметр		Значення
Роздрібна торгівля	sRetailer	61
	SRetailer	65
Оптова торгівля	sDistributor	82
	SDistributor	86
Підприємство	sFactory	16
	SFactory	49

Джерело: власні розрахунки авторів

Отже, з табл. 2 видно параметри політики управління запасами для учасників логістичних процесів при загальних витратах 14 025,05 тис. грн. Отримані результати оптимального рівня складських запасів проду-

кції на підприємстві та його замовників було враховано при проведенні імітації та визначено структуру загальних логістичних витрат для кожного учасника логістичних процесів (рис. 9).

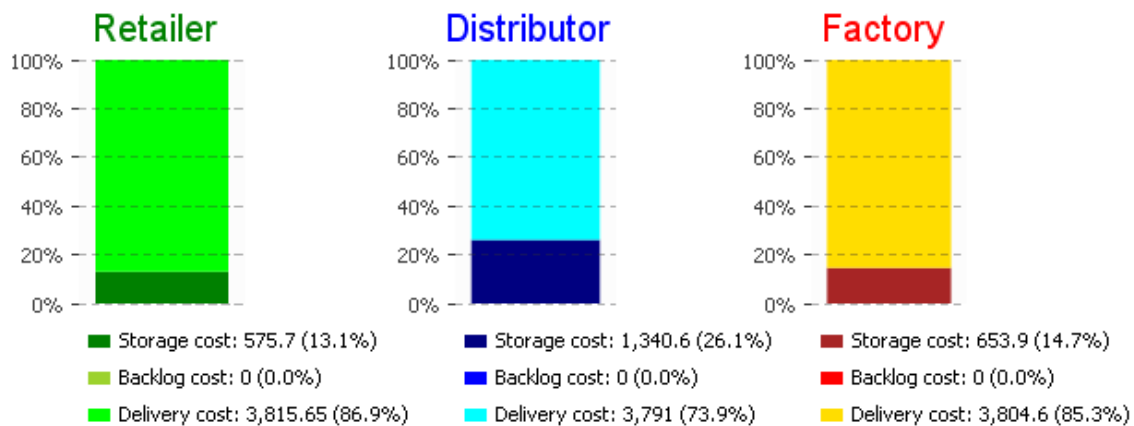


Рис. 9. Структура логістичних витрат для всіх учасників логістичних процесів

Джерело: власні розрахунки авторів за даними [3].

Найбільшу частку становлять витрати, пов'язані з доставкою продукції (більше 73 %), витрати на зберігання продукції – більше 13 %, а витрати пов'язані з дефіцитом продукції відсутні.

Висновки та дискусія. Імітаційне моделювання логістичних процесів є невід'ємною частиною багатьох економічних проектів, спрямованих на створення або удосконалення логістичних систем. Результатом імітаційно-

го моделювання є розробка оптимальної стратегії управління, яка передбачає вирішення поставлених логістичних задач та проведення чисельних експериментів.

Завдяки пакету AnyLogic можна розглядати логістичні процеси як цілісну систему, що дозволяє досягти більш ефективних рішень. Управління логістичними процесами передбачає об'єднання ринку збуту, розподілом та виробництвом таким чином, щоб забезпечити високій рівень обслуговування клієнтів при загальних мінімальних витратах.

Застосована імітаційна модель Beer Game для управління логістичними процесами дала можливість провести експерименти та визначити оптимальний розмір запасів продукції на підприємстві "Укрпромстач-95" та на складах його замовників при мінімальних витратах.

Список використаних джерел

1. Бабина О.И. Имитационное моделирование процессов планирования на промышленном предприятии: монография / О.И. Бабина, Л.И. Мошквич. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 152 с.
2. Бакаев О.О. Теоретичні засади логістики / О.О.Бакаев, О.П. Кутах, Л.А. Пономаренко – К.: Київський ун-т економіки і технології транспорту, 2003. – Т.1. – 430 с.
3. ВКФ "Укрпромстач-95" ЛТД [Електронний ресурс] / "Укрпромстач-95" – Режим доступу: <http://ukrprompostach.ua/>
4. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень / [Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та ін.]. – Вінниц. нац. техн. ун-т. Ч.1, 2013. – 234 с.

Ю. Тараненко, асп.,
І. Федоренко, канд. экон. наук, доц.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В работе применялась модель Beer Game для управления логистическими процессами на предприятии. Имитационная модель была реализована в пакете AnyLogic. Это дало возможность провести эксперименты и определить оптимальный размер запасов продукции на предприятии и на складах его заказчиков.

Ключевые слова: логистические процессы, управление запасами, модель, моделирование, оптимизация, имитационное моделирование, расходы.

Yu. Taranenko, PhD Student,
I. Fedorenko, PhD in Economics, Associate Professor
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

SIMULATION OF LOGISTICS PROCESSES

The article deals with the theoretical basis of the simulation. The study shows the simulation of logistic processes in industrial countries is an integral part of many economic projects aimed at the creation or improvement of logistics systems. The paper was used model Beer Game for management of logistics processes in the enterprise. The simulation model implements in AnyLogic package. AnyLogic product allows us to consider the logistics processes as an integrated system, which allows reaching better solutions. Logistics process management involves pooling the sales market, production and distribution to ensure the temporal level of customer service at the lowest cost overall. This made it possible to conduct experiments and to determine the optimal size of the warehouse at the lowest cost.

Keywords: innovation, innovation development, innovative approach, economic growth.

References (in Latin): Translation / Transliteration/ Transcription

1. Babina, O.I. and Moshkovich, L.I. (2014), Imitatsionnoe modelirovanie protsessov planirovaniya na promyshlennom predpriyatii: monografiya [Imitating modeling of processes of planning at the industrial enterprise], Sib. feder. un-t, Krasnoyarsk, P. 152.
2. Bakayev, O.O., Kutakh, O.P. and Ponomarenko, L.A. (2005), Teoretychni zasady lohistyky [Theoretical foundations of logistics], Feniks, Kyiv, Ukraine, P. 951.
3. VKF "Ukrpompostach-95" LTD (2016) Retrieved from <http://ukrprompostach.ua/>
4. Kvyetnyy, R.N., Bohach, I.V. and Boyko O.R. (2013), Komp'yuterne modelyuvannya system ta protsesiv. Metody obchyslen' [Computer simulation of systems and processes. methods of computation], Vinnytsya, Ukraine, P. 234.
5. Krykavs'kyu, Ye.V., Rykovanova, I.S. and Yankovs'ka, L.A. (2011), Innovatsiyni rishennya u farmatsevtichnykh lohistyky [Innovative solutions in the pharmaceutical logistics], Kyiv, Ukraine, P. 223.
6. Seredni tsyny vyrobnykiv za osnovnymy vydamy kharchovykh produktiv, napoyiv [Average producer prices for the main types of food products, beverages] (2016), Derzhavna sluzhba statystyky Ukrayiny Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/>
7. Sokolovs'ka, Z.M., Klepikova, O.A. and Sokolovs'ka, Z.M. (2011), Komp'yuterne modelyuvannya skladnykh ekonomichnykh system: monografiya [Computer simulation of complex economic systems], Astropynt, Odesa, Ukraine, P. 502.
8. Anylogic (2016) Retrieved from <http://www.anylogic.ru/multimethod-modeling>
9. Eskandari, H., Darayi, M. and Geiger, D.Ch. (2010) Using simulation optimization as a decision support tool for supply chain coordination with contracts, Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference, pp. 1306–1317. <https://doi.org/10.1109/wsc.2010.5679062>
10. Molnár B. (2004) Planning of order picking processes using simulation and a genetic algorithm in multicriteria scheduling optimization, Proceedings 16th European Simulation Symposium, pp. 1–6.
11. Oren, T.I. and Zeigler, B.P. (2009), Concepts for Advanced Simulation Methodologies, Simulation, North-Holland Publishing company, pp. 78 – 88.
12. Pichitlamken P. and Nelson, B.L. (2002), Optimization via simulation: a combined procedure for optimization via simulation, Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, pp. 292–300.

5. Крикавський Є.В. Інноваційні рішення у фармацевтичній логістиці / Є.В. Крикавський, І.С. Рикованова, Л.А. Янковська. – Логістика, 2011. – С. 223.

6. Середні ціни виробників за основними видами харчових продуктів, напоїв / Державна служба статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

7. Соколовська З.М. Комп'ютерне моделювання складних економічних систем: монографія / З.М. Соколовська, О.А. Клепікова. – Одеса: Астропринт, 2011. – 502 с.

8. Anylogic [Електронний ресурс] / Anylogic – Режим доступу: <http://www.anylogic.ru/multimethod-modeling>

9. Eskandari H. Using simulation optimization as a decision support tool for supply chain coordination with contracts / H. Eskandari, M. Darayi, D.Ch. Geiger // Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference. – 2010. – P. 1306–1317. <https://doi.org/10.1109/wsc.2010.5679062>

10. Molnár B. Planning of order picking processes using simulation and a genetic algorithm in multicriteria scheduling optimization // Proceedings 16th European Simulation Symposium. – 2004. – P. 1–6.

11. Oren T.I. Concepts for Advanced Simulation Methodologies, Simulation / T.I. Oren, B.P. Zeigler. – North-Holland Publishing company, 2009, pp. 78 – 88.

12. Pichitlamken P. Optimization via simulation: a combined procedure for optimization via simulation / P. Pichitlamken, B.L. Nelson // Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference. – 2002. – P. 292–300.

Надійшла до редколегії 09.05.16

Date of editorial approval 19.08.16

Author's declaration on the sources of funding of research presented in the scientific article or of the preparation of the scientific article: budget of university's scientific project