

ІМІТАЦІЙНІ МОДЕЛІ ДІЯЛЬНОСТІ ІТ-ФІРМ НА ПЛАТФОРМІ ANYLOGIC

©2019 СОКОЛОВСЬКА З. М., ЯЦЕНКО Н. В., ХОРТЮК М. В.

УДК 330.46
JEL: M21; M31; C63

Соколовська З. М., Яценко Н. В., Хортюк М. В. Імітаційні моделі діяльності ІТ-фірм на платформі AnyLogic

Метою статті є розкриття можливостей застосування методів імітаційного моделювання в розв'язанні задач управління діяльністю продуктових і аутсорсингових ІТ-компаній. При узагальненні праць багатьох фахівців було визначено проблеми прикладного впровадження методу імітаційного моделювання в ІТ-сфері. Запропоновано імітаційні моделі-тренажери, розроблені для типових продуктових та ІТ-аутсорсингових фірм. Моделі побудовані з використанням багатопідхідної парадигми імітації (комбінація системно-динамічного та агентського підходів) на програмній платформі системи AnyLogic. Модель продуктової фірми відтворює узагальнений життєвий цикл програмних продуктів, що розробляються згідно із замовленнями ІТ-ринку. В моделі досліджуються параметри виробництва (часові та вартісні) на всіх етапах створення програмних продуктів; прогнозується термін перебування продукту на ринку та фінансові обороти фірми. Модель аутсорсингової фірми призначена для дослідження її функціонування в умовах конкурентного ІТ-ринку та впливу конкуренції на попит аутсорсингових послуг. Прогнозується динаміка обсягів замовлень та виконаних робіт фірмами-конкурентами; аналізується вплив тривалості виконання замовлень, цінової політики, інтенсивності реклами на кінцеві показники функціонування компанії. Спектр використання моделей у практичній діяльності ІТ-фірм продемонстровано в ситуаційному розрізі на базі двох типів імітаційних експериментів – стандартного та варіації параметрів.

Ключові слова: ІТ-фірма, імітаційне моделювання, агентський підхід, системна динаміка, імітаційний експеримент.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-6-61-76>

Рис.: 14. **Бібл.:** 24.

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

E-mail: nadin_zs@te.net.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5595-7692>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/H-5046-2018>

Яценко Наталія Володимирівна – старший викладач кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет (просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна)

E-mail: natali.jazenko@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0355-0871>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/Y-4021-2018>

Хортюк Максим Вадимович – студент, Одеський національний політехнічний університет (просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна)

E-mail: mr.hortyuk@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4202-103X>

УДК 330.46
JEL: M21; M31; C63

Соколовская З. Н., Яценко Н. В., Хортюк М. В. Имитационные модели деятельности ИТ-фирм на платформе AnyLogic

Целью статьи является раскрытие возможностей использования методов имитационного моделирования в решении задач управления деятельностью продуктовых и аутсорсинговых ИТ-компаний. При обобщении работ ряда специалистов были выделены проблемы прикладного внедрения метода имитационного моделирования в ИТ-сфере. Предложены имитационные модели-тренажеры, разработанные для типовых продуктовых и ИТ-аутсорсинговых фирм. Модели построены с использованием многоподходной парадигмы имитации (комбинация системно-динамического и агентного подходов) на программной платформе системы AnyLogic. Модель продуктовой фирмы воспроизводит обобщенный жизненный цикл программных продуктов, разрабатываемых в соответствии с запросами ИТ-рынка. В модели исследуются параметры производства (временные и стоимостные) на всех этапах создания программных продуктов; прогнозируется период пребывания продукта на рынке и финансовые обороты фирмы. Модель аутсорсинговой фирмы предназначена для исследования ее функционирования в условиях конкурентного ИТ-рынка и влияния конкуренции на спрос аутсорсинговых услуг. Прогнозируется динамика объемов заказов и выполненных работ фирмами-конкурентами; анализируется влияние длительности выполнения заказов, ценовой политики, интенсивности рекламы на конечные показатели функционирования компаний. Спектр использования моделей в практической деятельности ИТ-фирм продемонстрирован в ситуационном разрезе на базе двух типов имитационных экспериментов – стандартного и вариации параметров.

Ключевые слова: ИТ-фирма, имитационное моделирование, агентный подход, системная динамика, имитационный эксперимент.

Рис.: 14. **Библ.:** 24.

UDC 330.46
JEL: M21; M31; C63

Sokolovska Z. M., Yatsenko N. V., Khortiuk M. V. The Simulation Models of Activities of IT Firms on the Basis of AnyLogic Platform

The article is aimed at disclosing the possibilities of using methods of the simulation modelling in solving the tasks of managing the activities of product and outsourcing IT companies. In the generalization of the publications of a number of specialists, the problems of applied introduction of the method of simulation modelling in the IT-sphere are allocated. The simulation models-trainers developed for typical product and outsourcing IT firms are proposed. The models are built using the multi-approach simulation paradigm (a combination of system-dynamic and agent approaches) on the basis of AnyLogic software platform. The product firm model reproduces the generalized life-cycle of the software products developed in accordance with needs of the IT market. The model explores the production parameters (temporary and cost-based) at all stages of software development; both the period of product availability in the market and the financial turnover of firm are forecasted. The outsourcing firm model is designed to explore its operation in conditions of a competitive IT market and the impact of competition on the demand of outsourcing services. The dynamics of orders and completed works by rival firms are forecasted; the impact of the duration of orders, price policy, advertising intensity on the final performance of companies are analyzed. The range of use of models in the practical activities of IT firms is demonstrated in the situational section on the basis of two types of simulation experiments – the standard type and the variation of parameters.

Keywords: IT firm, simulation modelling, agent approach, system dynamics, simulation experiment.

Fig.: 14. **Bibl.:** 24.

Соколовская Зоя Николаевна – доктор економічних наук, професор, завідувача кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій, Одеський національний політехнічний університет (просп. Шевченко, 1, Одеса, 65044, Україна)

E-mail: nadin_zs@te.net.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5595-7692>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/H-5046-2018>

Яценко Наталья Владимировна – старший преподаватель кафедры экономической кибернетики и информационных технологий, Одесский национальный политехнический университет (просп. Шевченко, 1, Одеса, 65044, Україна)

E-mail: natali.jazenko@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0355-0871>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/Y-4021-2018>

Хортюк Максим Вадимович – студент, Одесский национальный политехнический университет (просп. Шевченко, 1, Одеса, 65044, Україна)

E-mail: mr.hortyuk@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4202-103X>

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

E-mail: nadin_zs@te.net.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5595-7692>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/H-5046-2018>

Yatsenko Natalia V. – Senior Lecturer of the Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, Odesa National Polytechnic University (1 Shevchenka Ave., Odesa, 65044, Ukraine)

E-mail: natali.jazenko@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0355-0871>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/Y-4021-2018>

Khortiyuk Maksym V. – Student, Odesa National Polytechnic University (1 Shevchenka Ave., Odesa, 65044, Ukraine)

E-mail: mr.hortyuk@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4202-103X>

Однією зі стратегічних галузей сучасної української економіки є ІТ-індустрія. За останні роки – це одна з небагатьох галузей, що демонструє стабільні темпи зростання, але залишається недостатньо розвинутою порівняно з провідними країнами світу. Основні сектори вітчизняної ІТ-індустрії – розробка програмного забезпечення, ІТ-аутсорсинг і системні інтеграційні рішення (проекування та впровадження комплексних ІТ-рішень для замовників).

Різні типи ІТ-компаній, працюючих у відповідних секторах, мають власні особливості функціонування в умовах висококонкурентного ризикового середовища ІТ-ринку, що впливає на організацію їх бізнес-процесів та потребує залучення гнучких методів управління. Підвищення ефективності аналізу та прогнозування динаміки розвитку ІТ-фірм може бути досягнуто на базі впровадження в повсякденну практику імітаційних технологій дослідження бізнес-процесів.

Проблемам функціонування ІТ-галузі та її окремих суб'єктів (зокрема, продуктових та аутсорсингових ІТ-компаній) присвячено значне коло літературних джерел, серед яких [1–10]. Водночас галузь ІТ належить до однієї з найбільш динамічних. Тому існує багато невирішених питань, зокрема стосовно формування виробничої, збутової, фінансово-інвестиційної стратегії розвитку різних типів ІТ-компаній.

Необхідність урахування в динаміці багатьох стохастичних впливів з боку зовнішнього та внутрішнього оточення функціонування ІТ-компаній, а також нелінійного характеру ряду процесів; наявність численних зворотних зв'язків та рекурсивності висувають як апарат дослідження імітаційне моделювання.

Останніми роками в теорії та практиці впровадження імітаційних технологій спостерігається значний розвиток. Як приклади найбільш суттєвого вкладу можна навести праці Борщева А. В. [11], Девяткова В. В. [12]. Промислові додатки представлені на таких міжнародних платформах, як ASIM (ні-

мецькомовна спільнота імітаційного моделювання) [13], європейський конгрес EUROSIM [14], ИММОД («Имитационное моделирование. Теория и практика») [15], International System Dynamics Conference [16], Winter Simulation Conference (WSC) [17], вебінари та публікації однієї з провідних корпорацій світу в даній галузі – The AnyLogic Company [18]. Але саме в галузі функціонування суб'єктів ІТ-ринку існують лише одиничні рішення. Здебільшого вони стосуються підприємств цифрового сервісу [19–21], і дуже обмежена кількість – безпосередньо діяльності продуктових і аутсорсингових ІТ-компаній [22–24].

Мета статті – розкриття можливостей застосування методів імітаційного моделювання в розв'язанні завдань управління діяльністю продуктових і аутсорсингових ІТ-компаній.

У ході побудови моделей функціонування ІТ-фірм наведених типів було використано багато-підходну парадигму імітаційного моделювання (комбінація системно-динамічного та агентського підходів) на програмній платформі системи AnyLogic.

Аргументи на користь даного інструментарію є такими:

- ✦ можливість сумісного відтворення в моделях процесів різної природи: виробництво програмних продуктів або надання аутсорсингових послуг; інформаційні або фінансові потоки; людські ресурси; ринкові тренди тощо;
- ✦ можливість урахування стохастичного характеру процесів та середовища їх функціонування;
- ✦ наявність інструментів проведення аналізу в динаміці за періоди та по кроках імітації, необхідних користувачам, згідно з поставленими цілями;
- ✦ наявність інструментів параметричного налаштування моделей і проведення різних типів імітаційних експериментів;
- ✦ відкритість та модульність моделей, що надає можливості вбудови нових елементів, призна-

чених відтворювати додаткові процеси, необхідні для розв'язання актуальних завдань;

- ✦ можливість використання (за необхідністю – сумісного) значних обсягів інформації (баз і сховищ даних);
- ✦ наявність технологічної підтримки реалізації хмарних технологій.

На наведеній платформі розроблені узагальнена модель діяльності продуктової ІТ-фірми та модель функціонування аутсорсингової фірми в умовах конкуренції.

Моделю продуктової фірми відтворює життєвий цикл програмних продуктів, що розробляються для замовників ІТ-ринку та випускаються у вільний продаж. Згідно з цим досліджуються не тільки параметри виробництва (часові та вартісні) на всіх етапах створення програмних продуктів, але й здійснюється прогноз перебування продукту на ринку (попиту на нього). У ході імітації використовується агентська парадигма. Агентом є програмний продукт (проект). Приймається, що життєвий цикл продукту складається з таких етапів (statechart) життєвого циклу програмного продукту, що наведено на *рис. 1*:

- ✦ розробка (*Development*);
- ✦ тестування (*Testing*);
- ✦ доробка, якщо тести виявили помилки або неточності, або замовники висунули додаткові вимоги (або змінили постановку задачі) в процесі розробки програмного продукту (*Refinement*);
- ✦ просування на ІТ-ринок (*inMarket*).

Кожний етап життєвого циклу проекту (програмного продукту) потребує від фірми конкретних витрат, які розраховуються згідно із середньою вартістю, притаманною даному проекту, та з урахуванням можливих відхилень, які носять імовірнісний характер. Таким чином, у моделі йдеться про імітацію витрат, пов'язаних з розробкою, тестуванням, доробкою та просуванням продукту на ринку. Також береться до уваги, що ІТ-фірма одночасно може мати у виробництві обмежену кількість проектів. Тому новий проект запускається в розробку тільки тоді, коли загальна кількість проектів не перевищує встановленого ліміту.

Імітація поточного фінансового стану фірми здійснюється за допомогою системної динаміки, як сальдо доходів (продажів програмних продуктів) та витрат, пов'язаних з розробкою й просуванням на ІТ-ринку програмних продуктів (проектів). У моделі використовуються ціни типових проектів.

Згідно з цим йдеться про імітацію обороту продуктової ІТ-компанії (у натуральних і грошових одиницях) з урахуванням впливів різних факторів:

- ✦ тривалості окремих етапів життєвого циклу програмного продукту;
- ✦ змін ліміту на загальну кількість проектів у виробництві;
- ✦ цінової політики фірми;
- ✦ ринкової «життєздатності» програмної продукції.

Діяльність аутсорсингової фірми полягає у виконанні замовлень клієнтів – підприємств і фізичних осіб. Кількість замовників в умовах ІТ-ринку визначається, окрім якості, терміном виконання замов-

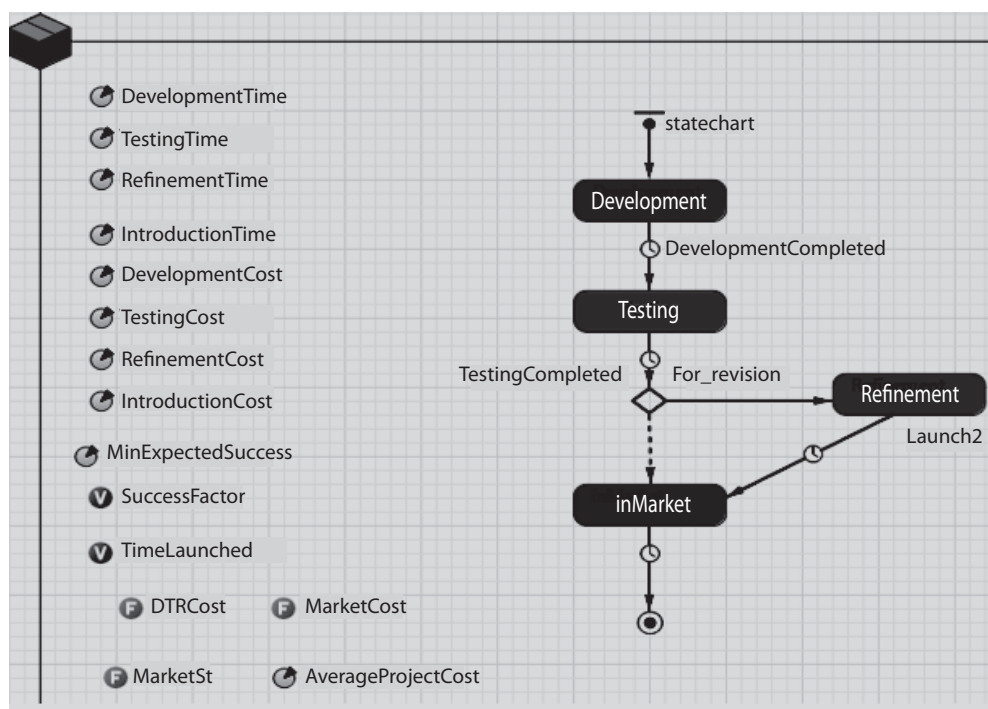


Рис. 1. Statechart «Життєвий цикл програмного продукту» (клас project)

Джерело: авторська розробка.

лень, ціною, інтенсивністю реклами, гнучким урахуванням дій конкурентів, а також психологічними особливостями користувачів (наприклад, ступенем їх консерватизму) та ін. Згідно з цим моделювання діяльності аутсорсингової фірми в умовах конкурентного ІТ-ринку здійснюється з урахуванням таких аспектів (загальний вигляд моделі у графічному редакторі системи AnyLogic наведено на *рис. 2*):

- ✦ кількість замовлень формується в результаті імітації впливу реклами (задається базова інтенсивність замовлень), а також з урахуванням діючих цін досліджуваної фірми (фірма 1) та фірми-конкурента (фірма 2). На кожному етапі імітації здійснюється перевірка, ціна якої ІТ-фірми є нижчою. Клієнт обирає фірму з найнижчою вартістю виконання робіт;
- ✦ частка замовлень формується без урахування дії реклами та ціни. Задається інтенсивність надходження замовлень від консервативних клієнтів. Такі клієнти не змінюють ІТ-фірму виконавця, навіть якщо ціна конкурента є нижчою;
- ✦ процес формування поточної ціни на виконання робіт є гнучким і, зокрема, залежить від їх тривалості. Часовий фактор опосередковано визначається кваліфікацією програмістів конкретної ІТ-фірми (досліджуваної або конкурентної). Якщо (при однаковій якості виконаних робіт) досліджувана фірма виконує замовлення у більш короткі терміни, кількість виконаних нею замовлень зростає. Тоді раз у місяць здійснюється перевірка кількості виконаних замовлень базовою фірмою та фірмою-конкурентом. Якщо загальна кількість виконаних замовлень у досліджуваної (базової) фірми перевищує відповідну кількість у конкурента, ціна на виконання замовлень досліджуваною фірмою знижується на деякий заданий відсоток попри встановлену за бізнес-планом ціну;
- ✦ після отримання кінцевих результатів стосовно замовлених робіт клієнти обох фірм (і базової, і конкурента) знов стають потенційними клієнтами ринку ІТ-аутсорсингу.

У моделі здійснюється імітація двох потоків замовлень – до базової ІТ-фірми та фірми-конкурента. Кожна з фірм витрачає конкретний час (використовується в моделі як параметр налаштування) на виконання робіт. Виконані замовлення підраховуються впродовж всього терміну імітації. Для кожної фірми імітуються фінансові надходження від виконаних замовлень та розраховується наростаючим підсумком її фінансовий оборот за визначений термін імітації. На основі імітаційної моделі можна визначити динаміку обсягів замовлень і виконаних робіт фірм; їх фінансових надходжень та про-

цесів формування грошових оборотів за визначений термін; проводити дослідження стосовно впливу на кінцеві показники ІТ-фірм щодо зміни інтенсивності реклами, базових і поточних цін, тривалості виконання замовлень.

У моделі відтворюється популяція агентів – клієнтів ІТ-ринку. Діаграма стану, яка визначає поведінку агентів, має такий вигляд (*рис. 3*).

Потенційні клієнти стають клієнтами ІТ-ринку (стан «клієнти_ІТ» – поки що без розподілу на клієнтів фірми 1 або фірми 2) із заданою інтенсивністю (може змінюватися впродовж імітаційних експериментів). Інтенсивність відображає дію рекламних зусиль ІТ-фірм. Зі стану «клієнти_ІТ» агенти здійснюють перехід до станів «клієнти_ф1» та «клієнти_ф2» (ф1, ф2 – фірми 1 та 2) із заданими інтенсивностями, які визначаються у відповідних переходах. За допомогою наведеного алгоритму здійснюється відтворення поведінки «консервативних клієнтів», які звертаються адресно до конкретної фірми без попереднього ознайомлення й вибору більш прийнятних цін.

Клієнти, які не відрізняються консервативною поведінкою, здійснюють свій вибір за ціною – ці агенти за допомогою переходу (з заданою інтенсивністю) потрапляють у блок «розгалуження». Після отримання для виконання замовлень і, зважаючи на деякий час їх виконання, агенти зі станів «клієнти_ф1» та «клієнти_ф2» переходять до стану «потенційні клієнти». Переходи здійснюються за заданим таймаутом. Коректування ціни здійснюється за допомогою діаграми дій.

Як загальний термін моделювання та тривалості кроку імітації на наведених моделях можуть обиратися різні часові одиниці залежно від специфіки діяльності досліджуваних ІТ-компаній і продуктів (послуг), які вони надають. Налаштування на конкретні імітаційні експерименти також може носити довільний характер.

Апробація розроблених моделей здійснювалася за матеріалами продуктової ІТ-компанії – Малоого Впроваджувального Підприємства «Інтегровані Банківські Інформаційні Системи» (МУП «ІБІС») – та ІТ-аутсорсингової компанії «Sigma». Технологію проведення імітаційних експериментів на моделях проілюструємо на прикладі ряду ситуацій, що виникали в процесі функціонування об'єктів дослідження. Результати експериментів наведено на умовних даних.

Компанія МУП «ІБІС» спрямована на розробку й впровадження систем автоматизації банків та страхових компаній: розробка та поставка комплексних рішень, технологій і інструментів, що забезпечують успішну реалізацію стратегій розвитку суб'єктів фінансового ринку. Поряд з інтегрованими проектними ІТ-рішеннями компанія розробляє окремі програми та програмні комплекси з розв'язання широкого спектра задач. Згідно з цим дослідження ІТ-ринку та

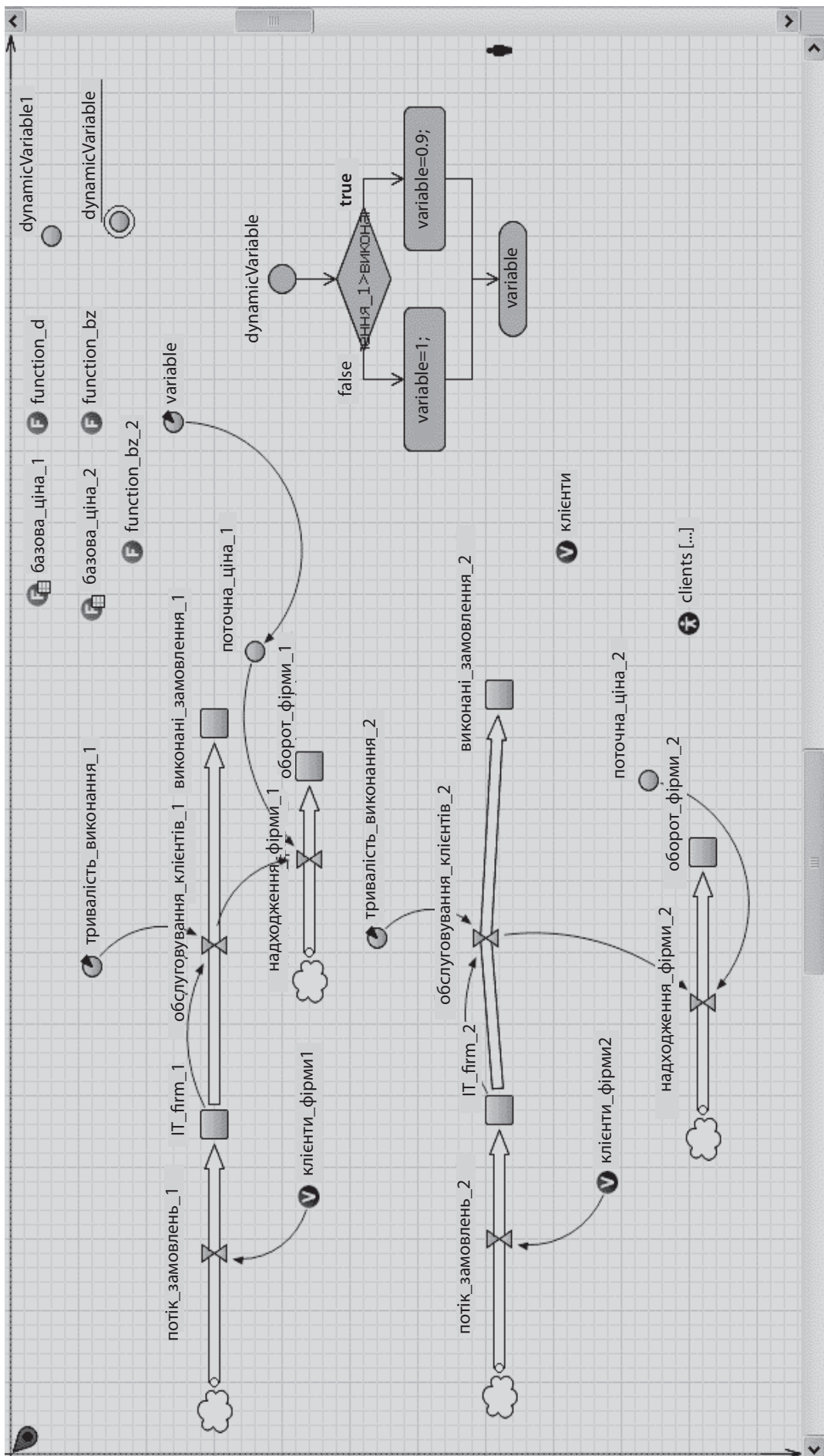


Рис. 2. Загальний вигляд моделі функціонування аутсорсингової ІТ-фірми

Джерело: авторська розробка.

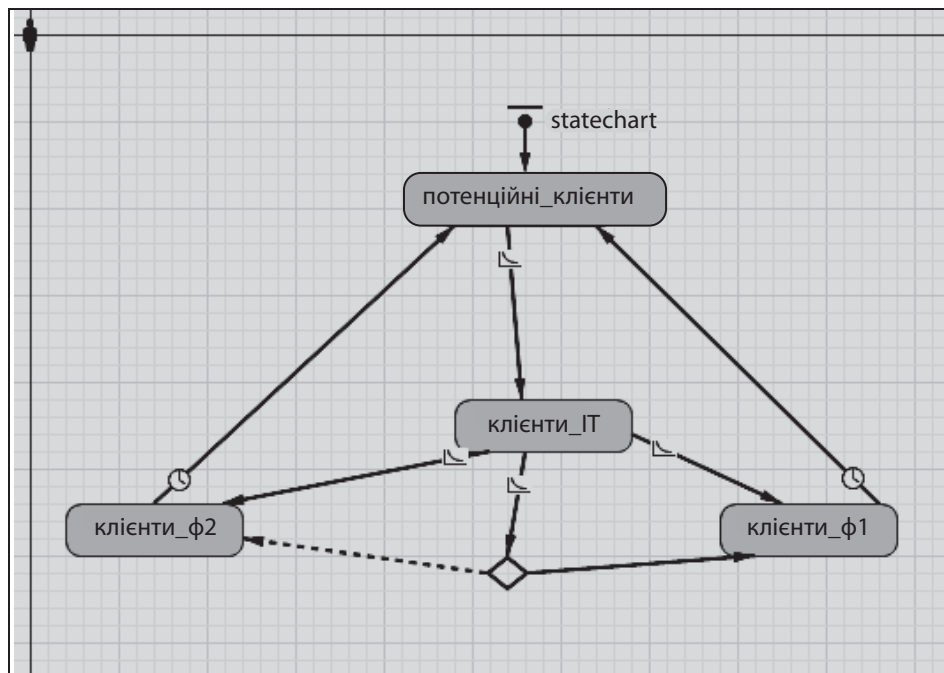


Рис. 3. Діаграма стану (визначення поведінки агентів)

Джерело: авторська розробка.

його трендів має велике значення в досягненні компанією позитивної динаміки кінцевих показників діяльності.

Ситуація 1. Крок імітації – день. Термін імітації – квартал.

Фірма планує перехід до нового сегмента ринку – виробництво програмних продуктів, що стосуються автоматизації логістичних процесів, на замовлення логістичних компаній та виробничих підприємств. Для фірми, яка до цього освоювала ринок програмних продуктів фінансово-кредитної сфери, це – суттєво новий напрямок діяльності, що обумовлює необхідність поглиблених попередніх досліджень.

Перш за все визначається, як тривалість стадій життєвого циклу типового проекту зі сфери логістики впливає на динаміку основних показників роботи фірми. Перший прогін моделі згідно з попередньо встановленими нормативами розробки та прогнозуванням якості створення програмних продуктів з нової сфери довів результати, що наведені на рис. 4.

Як видно з рис. 4, ситуація несприятлива. Витрати фірми значно перевищують надходження від продажів програмних продуктів.

Аналіз ситуації довів, що однією з вагомих причин такого становища є значні доробки продуктів після процесу тестування. Якщо прийняти за даність встановлені (як відправна точка) нормативи тестування й робити припущення, що освоєння нових продуктів пов'язано не тільки з помилками у програмному кодї, але також зі змінами в постановках задач (нових для фірми), налагодженням співпраці з новими замовниками й т. ін., освоєння нового сектора ІТ-ринку не має для фірми сенсу. Тому на моделі прово-

дилися імітаційні експерименти з метою визначення найбільш прийнятних параметрів якості програмних продуктів та скорочення самого терміну тестування.

Підвищення якості розробки програмних продуктів показало такі результати (рис. 5).

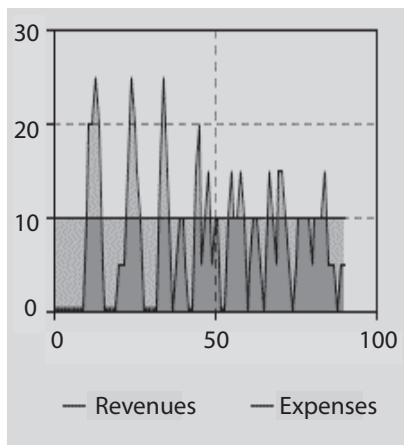
Тобто значно знижуються витрати фірми, поліпшується структура фінансових потоків – 52,2% дохідної частини при 47,8% витратної частини поряд з попередніми 43,3% та 56,7 % відповідно.

Скорочення періоду тестування продуктів сприяло подальшому поліпшенню результатів (рис. 6).

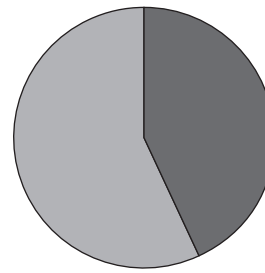
З наведеного видно, що, безумовно, підвищення якості впливає значно більше на складові фінансових потоків фірми порівняно зі скороченням терміну тестування. Показники ще більш поліпшуються, якщо життя програмних продуктів продовжується на ринку, тобто в разі збільшення ринкового попиту (у тому числі, і за рахунок вдалого просування продукту в цьому новому для фірми секторі ринку) – рис. 7.

Ситуація 2. Дослідження цінової політики фірми.

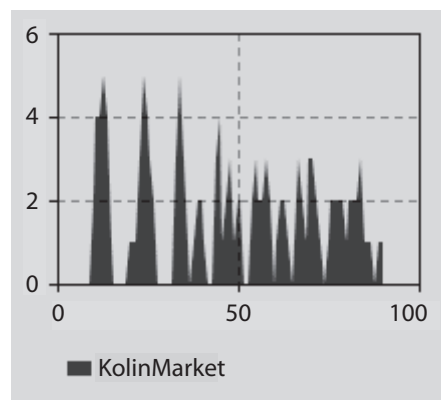
Встановлення фірмою вартості проекту є одним із вирішальних факторів формування її доходу. Демпінгові ціни не завжди мають сенс, якщо не сприяють суттєвому підвищенню попиту на продукцію. Однак і занадто високі ціни, з одного боку, збільшують дохід, але можуть призвести до відтоку потенційних покупців (замовників) до конкурентів. Тому для встановлення обґрунтованої цінової політики доцільно звернутися до експерименту варіації параметрів, що підтримується системою AnyLogic.



а) динаміка надходжень (Revenues) і витрат (Expenses) (тис. у. о.)



б) структура доходів (SUMMA) і витрат (SUMExpenses) (тис. у. о.; %)



в) динаміка кількості проектів на ринку

Рис. 4. Динаміка основних показників діяльності продуктової ІТ-фірми протягом досліджуваного періоду (кварталу): початковий стан

Примітка: вісь X – часові періоди (90 днів).

Фрагмент результатів експерименту дослідження впливу вартості (ціни) проекту на загальний дохід ІТ-компанії при фіксованому ліміті кількості проектів, що одночасно можуть знаходитися у виробництві, наведено на рис. 8 (вартісні параметри – тис. у. о.).

Ситуація 3. Дослідження впливу витрат на різних стадіях життєвого циклу програмного продукту на загальні витрати фірми протягом періоду імітації.

Фрагменти результатів експериментів варіації параметрів наведено на рис. 9 – рис. 10.

Експерименти на моделі аутсорсингової фірми проводилися за часовий період – 100 днів з кроком імітації в один день (на графіках вісь X). Ємність досліджуваного сегмента ІТ-ринку (популяція агентів) – 1000 клієнтів. Показники в натуральному вимірі наведені у шт. (кількість виконаних замовлень); фінансові надходження – у тис. умовних одиниць. Отримані ре-

зультати продемонстровані на ряді ситуацій, що виникали впродовж діяльності ІТ-фірми Sigma (надалі фірма 1) та одного з її головних конкурентів – фірми KVAWADIS (надалі фірма 2).

Ситуація 4. Аналіз можливостей просування фірми 1 у сегменті ринку ІТ-послуг, де вже діє фірма 2.

Фрагменти результатів експериментів наведені на рис. 11. Експеримент довів, що питома вага фірм у загальному обсязі послуг ІТ-ринку була незначною, майже непомітною. Між тим, сегмент ІТ-ринку, де діють фірми, порівняно з частиною потенційних клієнтів є достатньо значущим. Протягом 100 днів фірмою 1 виконано 228 замовлень, фірмою 2 – майже 255 замовлень, що позначилося і на загальній сумі фінансових надходжень: 471,3 тис. умовних одиниць по фірмі 1 та 497,3 – по фірмі 2. Однак, зважаючи на те, що загальна чисельність клієнтів сегмента складає 1000

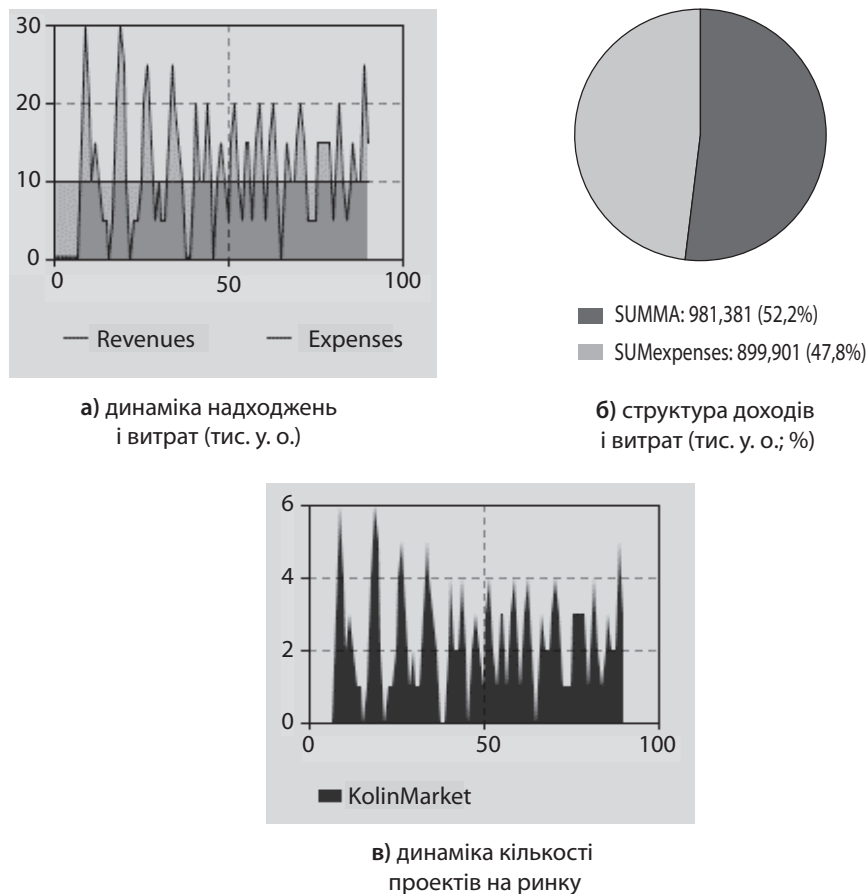


Рис. 5. Динаміка основних показників діяльності продуктової ІТ-фірми протягом досліджуваного періоду (кварталу): підвищення рівня якості розробки програмного забезпечення

клієнтів, стають очевидними можливості обох фірм щодо розширення свого впливу на ІТ-ринку. Динаміка фінансових надходжень фірми 1 носить позитивний характер і є більш рівномірною, ніж по фірмі 2, хоча і нижчою.

Ситуація 5. Розширення фірм. Інтенсифікація реклами.

У результаті інвестування в розширення фірм, залучення додаткового персоналу, інтенсифікації реклами при збереженні сталих цін на виконання замовлень і незмінних витрат часу були отримані такі результати (рис. 12).

З рис. 12 видно, що кількість виконаних замовлень у обох фірм значно зросла. Згідно з цим спостерігається збільшення грошових надходжень. Як і раніше, фірма 2 працює більш ефективно. Інтенсивність звертання клієнтів до фірм збільшилася відносно ситуації 4. Також значно розширився сегмент клієнтів досліджуваного сектора ІТ-ринку. Динаміка фінансових надходжень не тільки збільшилася абсолютно, але й стала більш рівномірною, що, безумовно, є позитивним моментом.

Експерименти довели, що значний прорив фірми 1 у досліджуваному сегменті ринку спостерігається за обставинами наступної ситуації.

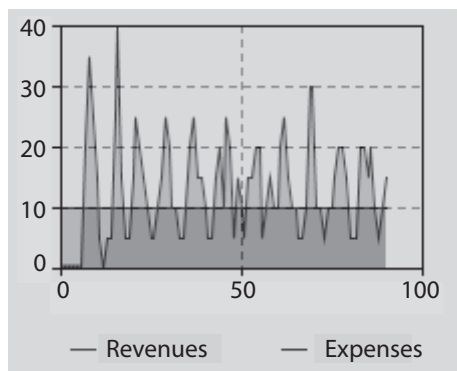
Ситуація 6. Зміни цінової політики при інтенсифікації процесів аутсорсингових послуг.

Фірма 1 підвищує кваліфікацію співробітників та скорочує внаслідок цього тривалість виконання замовлень. Крім цього, знижує базові ціни приблизно на 5%. Ціни фірми-конкурента залишаються незмінними. Водночас фірма-конкурент теж проводить роботу з підвищення кваліфікації працівників, що приводить до скорочення часу виконання замовлень.

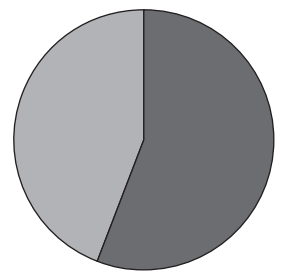
Стратегія демпінгових цін при інтенсифікації процесу виконання замовлень приносить значні позитивні результати, що видно з рис. 13.

Ситуація 7. Дослідження впливу ступеня консерватизму клієнтів.

Мета експерименту – визначити вплив ступеня консерватизму користувачів послугами ІТ-фірм. Береться до уваги ситуація, коли фірма-конкурент (фірма 2) додає зусиль щодо інтенсифікації виконання замовлень (скорочує час виконання) та дещо знижує базові ціни на виконання послуг. Однак частина клієнтів фірми 1, незважаючи на більш прийнятні ціни фірми 2 у деяких періодах, залишається клієнтами фірми 1. Фрагмент результатів експериментів, отриманих внаслідок варіації коефіцієнта консерватизму, наведено на рис. 14.

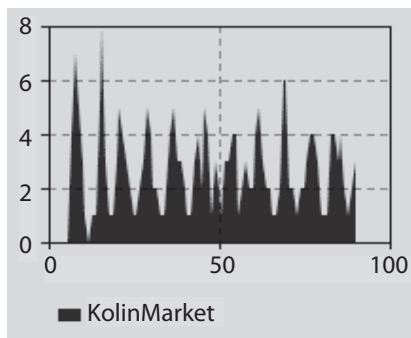


а) динаміка надходжень і витрат (тис. у. о.)



■ SUMMA: 1,144,291 (56,0%)
 ■ SUMexpenses: 899,884 (44,0%)

б) структура доходів і витрат (тис. у. о.; %)



в) динаміка кількості проектів на ринку

Рис. 6. Динаміка основних показників діяльності продуктової ІТ-фірми протягом досліджуваного періоду (кварталу): скорочення тривалості тестування поряд з підвищенням якості розробки програмного забезпечення

На рис. 14 наведені дані, коли фірма 2 знизила ціни на 5%. Ціни фірми 1 залишилися на рівні попереднього експерименту. Спостерігається падіння кількості клієнтів фірми 1: кількість виконаних замовлень (за сталими часовими нормативами виконання робіт) дорівнює 2958, величина фінансових надходжень – 5174 тис. умовних одиниць. Фірма 2 дещо покращила своє становище – 2170 виконаних замовлень. Однак за рахунок консерватизму клієнтів фірма 1 не зазнала достатньо суттєвих втрат.

Інтенсивність фінансових надходжень відповідає ситуації. Експериментально доведено, що фірма 1 зберегатиме наведені позиції при варіації коефіцієнта консерватизму від 0,4 до 0,7. Експериментальним шляхом визначається також ціновий поріг, за яким результати отримання додаткових клієнтів починають бути вагомими.

ВИСНОВКИ

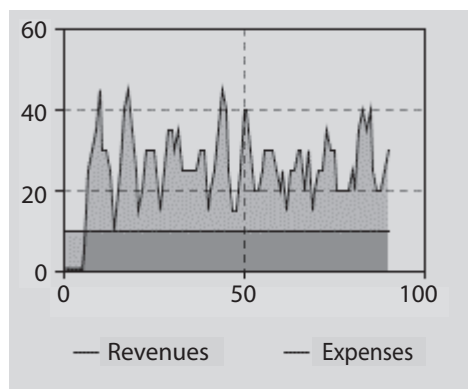
На базі наведених моделей можливе проведення різноманітних імітаційних експериментів, які відповідають ситуаціям, що виникають у процесі функціонування типових продуктових і аутсорсингових ІТ-компаній. Система багатопідходного імітаційного моделювання AnyLogic підтримує широкий спектр експериментів – від стандартного й оптимізаційного до експерименту Монте-Карло, оцінки ризиків, чутли-

вості, варіації параметрів тощо. Це, фактично, робить моделі тренажерами для відпрацювання управлінських рішень у процесі функціонування ІТ-компаній. Наочність відтворення бізнес-процесів ІТ-фірм дозволяє досліджувати їх поведінку як складних економічних об'єктів, у динаміці та з урахуванням численних стохастичних впливів ринкового оточення.

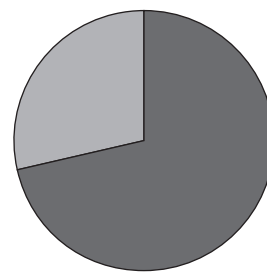
Представлені моделі є достатньо типовими, що обумовлює можливість їх використання з незначними доробками на реальних об'єктах ІТ-сфери. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Розвиток Української ІТ-індустрії: аналітичний звіт. URL: https://ko.com.ua/files/u125/Ukrainian_IT_Industry_Report_UKR.pdf
2. Information Technology Industry of Ukraine: Infographic atlas/2017. URL: <http://publications.chamber.ua/2018/IT/the-infographics-report-it-industry-of-ukraine-2017.pdf>
3. Антонова Е. А., Бенедиктов М. А. Особенности рынка программного обеспечения и его маркетинга. *Прикладная информатика*. 2018. № 5. С. 21–27.
4. Ганущак-Єфіменко Л. М. Особливості розвитку підприємництва в ІТ-сфері України. *Актуальні проблеми економіки*. 2016. № 10. С. 55–67.
5. Киселева И. А., Искаждян С. О. Моделирование деятельности интернет-компаний. *ИТ портал*. 2017. № 3. URL: <http://itportal.ru/science/economy/modelirovaniye-deyatelnosti-internet/>

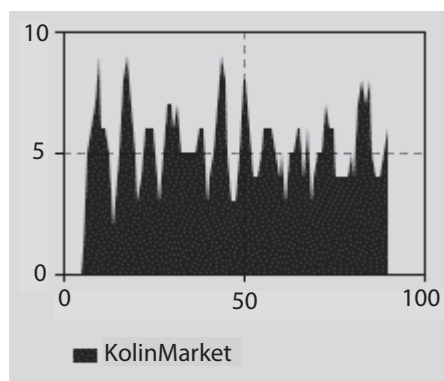


а) динаміка надходжень і витрат (тис. у. о.)



■ SUMMA: 2,266,819 (71,6%)
 ■ SUMExpenses: 899,883 (28,4%)

б) структура доходів і витрат (тис. у. о.; %)



в) динаміка кількості проектів на ринку

Рис. 7. Динаміка основних показників діяльності продуктової ІТ-фірми протягом досліджуваного періоду (кварталу): скорочення тривалості тестування поряд з підвищенням якості розробки та ринкового просування програмного забезпечення

6. Мунтянова А. А. Моделирование инновационной составляющей сбалансированной системы показателей ИТ-компании. *Инженерный вестник Дона*. 2017. №2. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_146_Muntyanova.pdf_1defb56759.pdf

7. Никитенкова М. А. Анализ факторов рисков инновационной деятельности в сфере информационно-коммуникационных технологий. URL: <http://www.rusus.ru/?act=read&id=354#sdfootnote1sym>

8. Розанова Т. П., Иванова Ю. Н. Особенности продуктовой стратегии ИТ-компаний. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-produktovoy-strategii-it-kompaniy>

9. Смерічевська С. В., Оленів М. М. Тенденції та стратегічні перспективи розвитку ринку ІТ-аутсорсингу в Україні. *Економіка та управління національним господарством*. 2017. Вип. № 1. С. 47–53.

10. Чайковская М. П. Оптимизация бизнес-процессов ИТ-компании на базе инструментария информационных технологий. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий – Интегрированное стратегическое управление, управление проектами и программы развития предприятий и территорий*. 2013. № 1/10. Часть 2. С. 116–119.

11. Борщев А. В. Миграция имитационного моделирования в облако // Имитационное моделирование. Теория и практика : материалы конференции ИММОД-2017 (Санкт-Петербург, 18–20 октября 2017 г.). Пленарные доклады.

Санкт-Петербург, 2017. С.18–26. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-immod-18-26.pdf>

12. Девятков В. В. Эволюция имитационного моделирования – от «искусства и науки» к массовому применению // Имитационное моделирование. Теория и практика : материалы конференции ИММОД-2017 (Санкт-Петербург, 18–20 октября 2017 г.). Пленарные доклады. Санкт-Петербург, 2017. С. 27–36. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-immod-27-36.pdf>

13. Arbeitsgemeinschaft Simulation / Eine Arbeitsgemeinschaft imdeutschsprachigen Raum zur Förderung und Weiterentwicklung von Modellbildung und Simulation in Grundlagen und Anwendung sowie zur Verbesserung der Kommunikation zwischen Theorie und Praxis. November 11, 2018. URL: <https://www.asim-gi.org/asim/>

14. EUROSIM / Federation of European Simulation Societies. November 12, 2018. URL: <https://www.eurosim.info/eurosim/>

15. Simulation modeling. Theory and practice // Eighth All-Russian Scientific and Practical Conference IMMOD-2017. November 12, 2018. URL: <http://simulation.su/static/ru-immod-2017.html> (Original page written in Russian)

16. The 36th International Conference of the System Dynamics Society (2018). URL: <https://www.systemdynamics.org/past-conference-2018>

Експеримент з варіації параметрів: вплив вартості проектів на доходи ІЕ-компанії

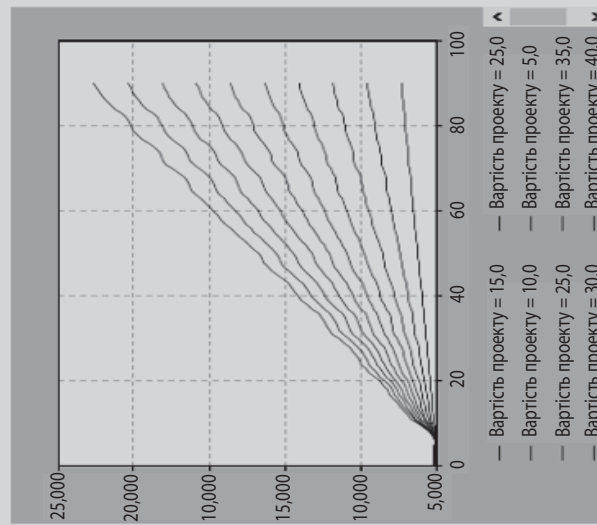
Запустити

Ітерація 10

Параметри

Capacity_Pr 10
AverageProjectCost 50

ДОХОДИ ІТ-КОМПАНІЇ



ДОХОДИ ІТ-КОМПАНІЇ

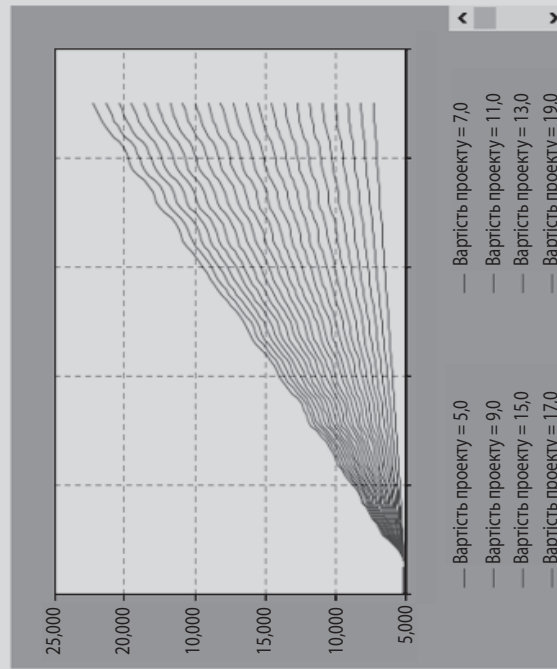


Рис. 8. Фрагмент результатів експерименту варіації параметрів (за різними кроками варіації параметра «Вартість проекту»)

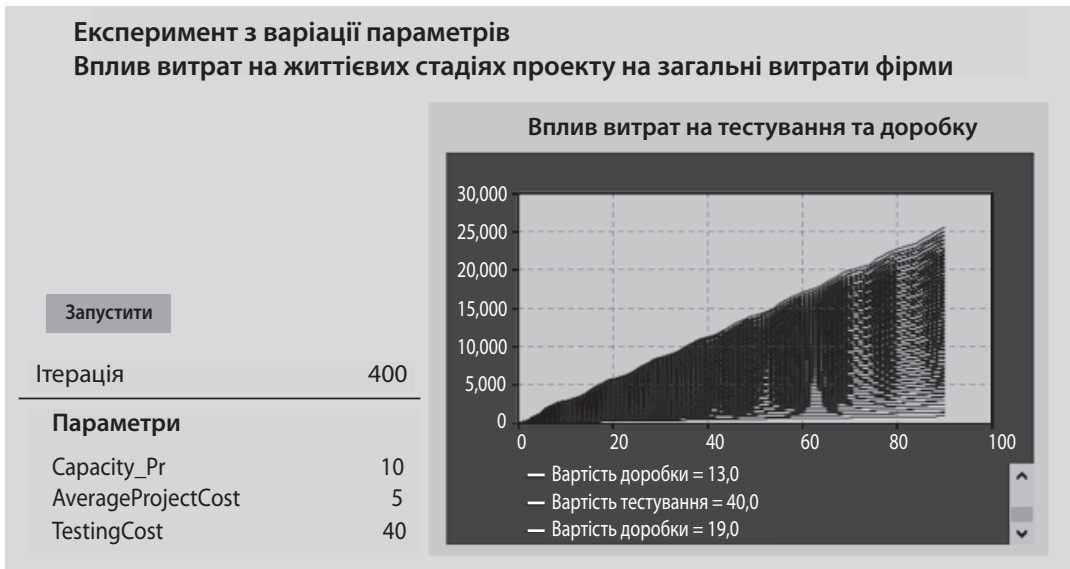


Рис. 9. Фрагмент результатів експерименту варіації параметрів: параметри «Вартість тестування» та «Вартість доробки»

17. Winter Simulation Conference. The premier international forum for disseminating recent advances in the field of system simulation. November 01, 2018. URL: <http://meetings2.informs.org/wordpress/wsc2018/>

18. AnyLogic / Official web site. April 23, 2018. URL: <http://www.anylogic.ru/> (Original page written in Russian)

19. Березовская Е. А., Плотников С. А. Имитационное моделирование рекламной кампании интернет-предприятия в среде AnyLogic. *Международный научный журнал*. 2015. № 9. С. 86–90.

20. Каталевский Д. Ю., Солодов В. В., Кравченко К. К. Моделирование поведения потребителей. *Искусственные общества*. 2012. Т. 7. № 1–4. С. 34–43.

21. Храмов М. Ю. Разработка моделей оценки эффективности управления цифровым сервисом : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13. М., 2018. 186 с.

22. Бугаевский Т. Имитационная модель бизнес-процессов компании-разработчика ПО по модели SCRUM. URL: http://zkinteractive.com/management/soft_co_bm/ru/

23. Кононова К. Ю., Журавель К. О. Моделирование бизнес-процесів IT-відділу підприємства в інформаційній економіці. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія «Економічна»*. 2016. Вип. 90. С. 85–90.

24. Чайковська М. П. Комплексний підхід моделювання в управлінні IT-проєктами. URL: <http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/11968/1/90.pdf>

REFERENCES

“Arbeitsgemeinschaft Simulation”. Eine Arbeitsgemeinschaft imdeutschsprachigen Raum zur Forderung und Weiterentwicklung von Modellbildung und Simulation in Grundlagen und Anwendung sowie zur Verbesserung der Kommunikation zwischen Theorie und Praxis. November 11, 2018. <https://www.asim-gi.org/asim/>

Antonova, Ye. A., and Benediktov, M. A. “Osobnosti rynka programmnoho obespecheniya i yego marketinga” [Features of the software market and its marketing]. *Prikladnaya informatika*, no. 5 (2018): 21–27.

AnyLogic. Official web site. April 23, 2018. <http://www.anylogic.ru/>

Berezovskaya, Ye. A., and Plotnikov, S. A. “Imitatsionnoye modelirovaniye reklamnoy kampanii internet-predpriyatiya v srede AnyLogic” [Simulation modeling of an Internet enterprise advertising campaign in AnyLogic]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*, no. 9 (2015): 86–90.

Borshchev, A. V. “Migratsiya imitatsionnogo modelirovaniya v oblako” [Migration simulation to the cloud]. *Imitatsionnoye modelirovaniye. Teoriya i praktika : materialy konferentsii IMMOD-2017*. <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-immod-18-26.pdf>

Bugayevskiy, T. “Imitatsionnaya model biznes-protssessov kompanii-razrabotchika PO po modeli SCRUM” [A simulation model of business processes of a software development company based on the SCRUM model]. http://zkinteractive.com/management/soft_co_bm/ru/

Chaikovska, M. P. “Kompleksnyi pidkhd modeliuvan- nia v upravlinni IT-proektamy” [Comprehensive modeling approach in the management of IT projects]. <http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/11968/1/90.pdf>

Chaykovskaya, M. P. “Optimizatsiya biznes-protssessov IT-kompanii na baze instrumentariya informatsionnykh tekhnologiy” [Optimization of business processes of IT companies based on information technology tools]. *Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy – Integrirovannoye strategicheskoye upravleniye, upravleniye proektami i programmami razvitiya predpriyatiy i territoriy*, vol. 2, no. 1/10 (2013): 116–119.

Devyatkov, V. V. “Evolyutsiya 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 : materialy konferentsii IMMOD-2017*. <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-immod-27-36.pdf>

“EUROSIM”. Federation of European Simulation Societies. November 12, 2018. <https://www.eurosim.info/eurosim/>

Hanushchak-Yefimenko, L. M. “Osoblyvosti rozvytku pid-priemnytstva v IT-sferi Ukrainy” [Features of entrepreneurship development in the IT sphere of Ukraine]. *Aktualni problemy ekonomiky*, no. 10 (2016): 55–67.

Експеримент з варіації параметрів Вплив витрат на життєвих стадіях проекту на загальні витрати фірми

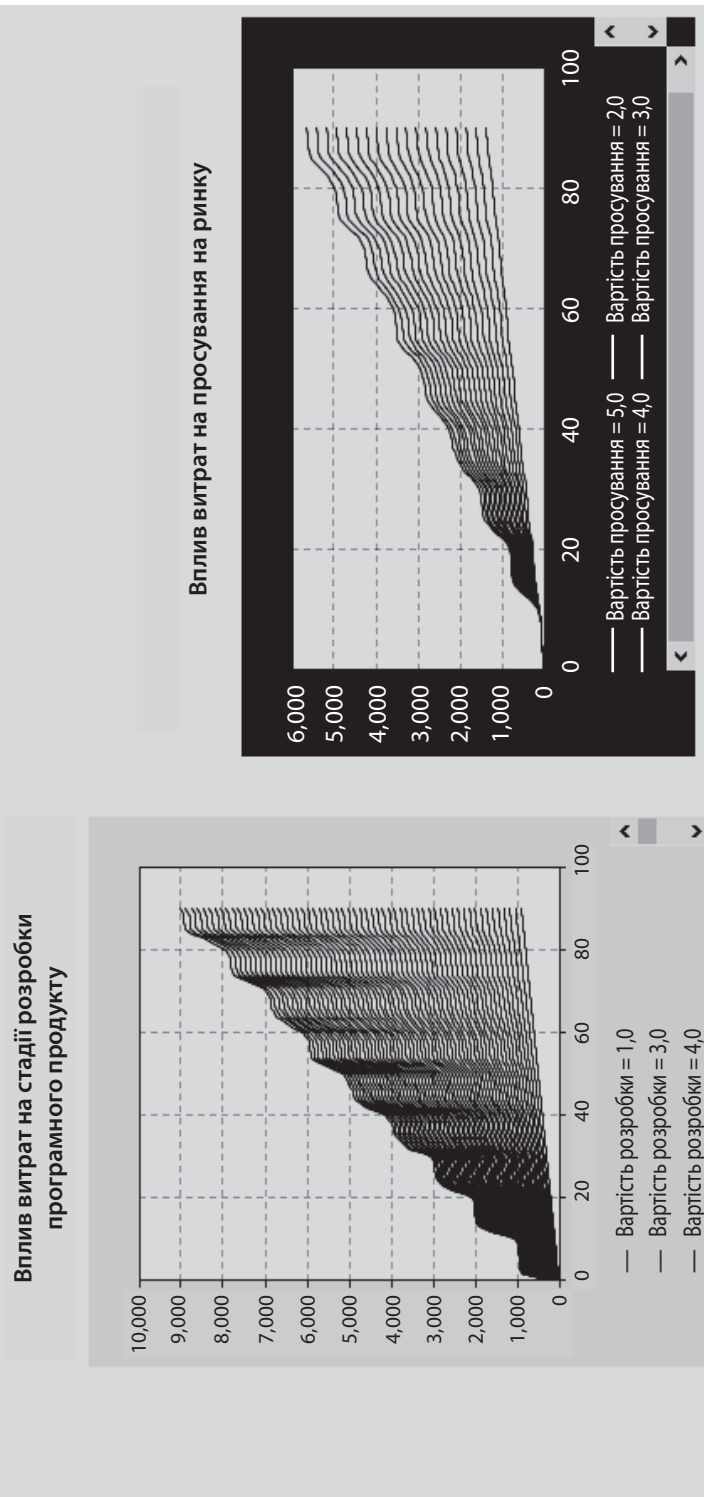


Рис. 10. Фрагмент результатів експерименту варіації параметрів: параметри «Вартість розробки програмного продукту» та «Вартість просування на ринку»

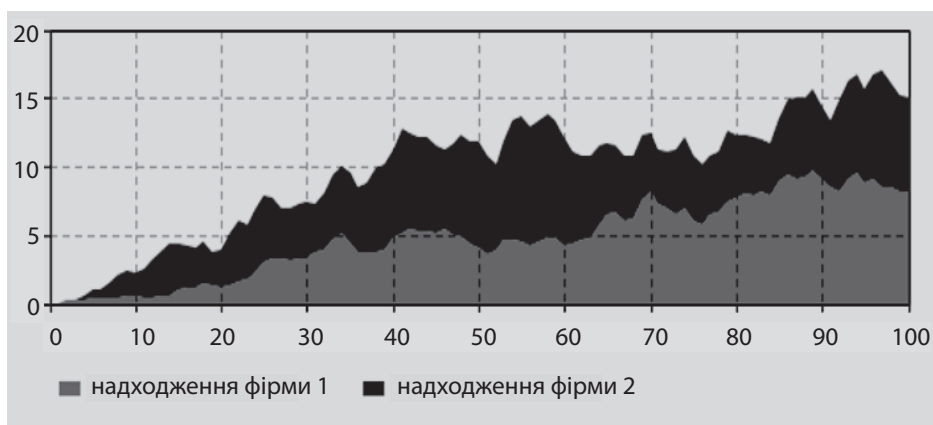
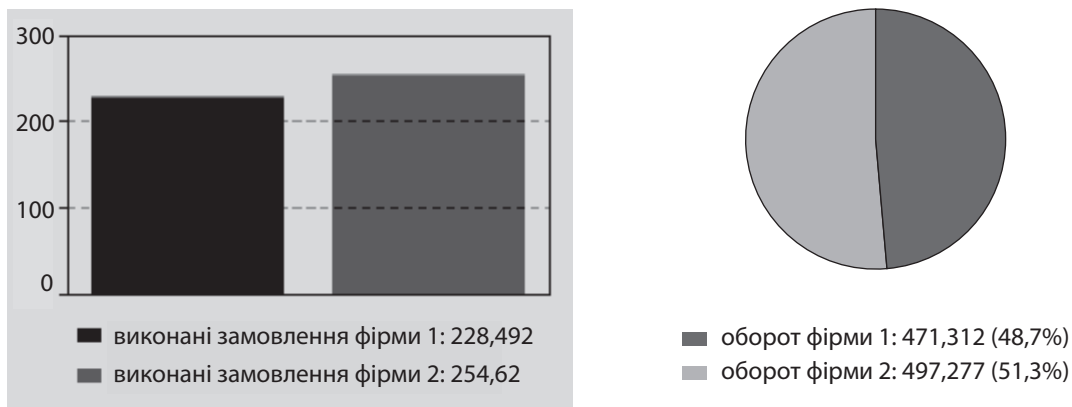


Рис. 11. Ситуація 4: Просування фірми у новий сегмент ринку ІТ-послуг

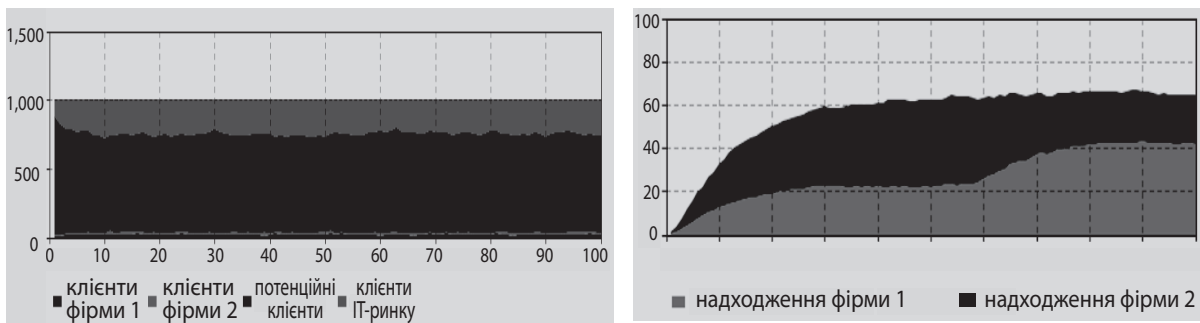


Рис. 12. Ситуація 5: Розширення фірм. Інтенсифікація реклами.

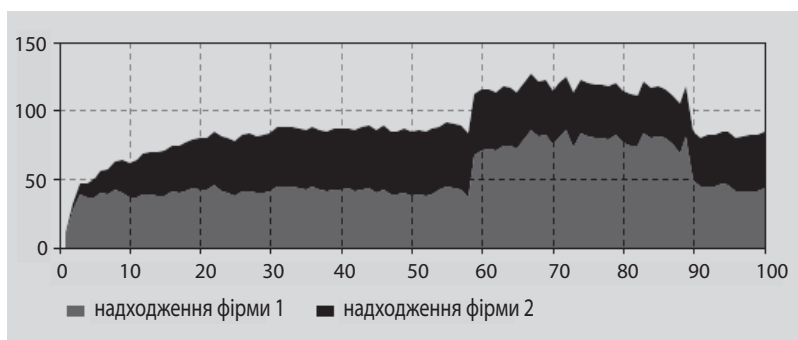
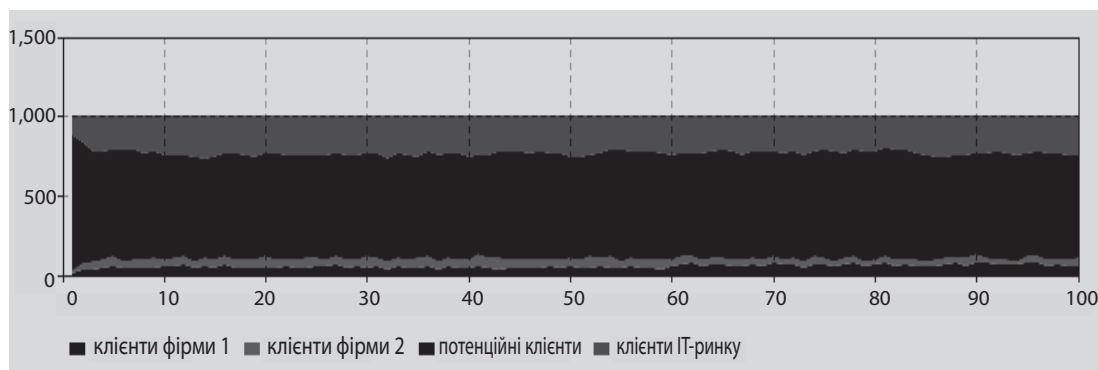
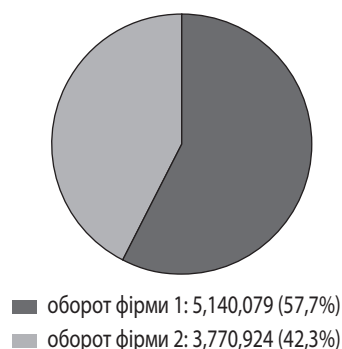
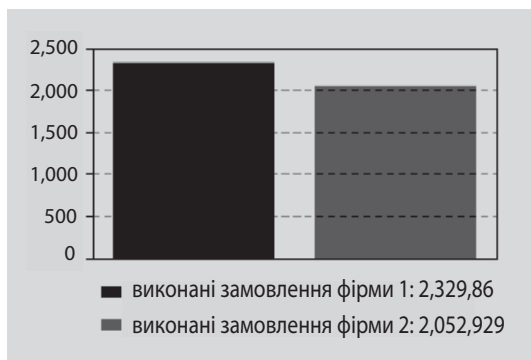


Рис. 13. Ситуація 6: зміни цінової політики при інтенсифікації процесів аутсорсингових послуг

"Information Technology Industry of Ukraine: Infographic atlas/2017". <http://publications.chamber.ua/2018/IT/the-infographics-report-it-industry-of-ukraine-2017.pdf>

Katalevskiy, D. Yu., Solodov, V. V., and Kravchenko, K. K. "Modelirovaniye povedeniya potrebiteley" [Modeling consumer behavior]. *Iskusstvennyye obshchestva*, vol. 7, no. 1-4 (2012): 34-43.

Khramov, M. Yu. "Razrabotka modeley otsenki effektivnosti upravleniya tsifrovym servisom" [Development of models for evaluating the effectiveness of digital service management]: *dis. ... kand. ekon. nauk : 08.00.13*, 2018.

Kiseleva, I. A., and Iskazhdyan, S. O. "Modelirovaniye deyatelnosti internet-kompanii" [Modeling the activities of an Internet company]. IT portal. 2017. <http://itportal.ru/science/economy/modelirovanie-deyatelnosti-internet/>

Kononova, K. Yu., and Zhuravel, K. O. "Modeliuvannya biznes-protsesiv IT-viddil pidpriemstva v informatsiinii ekonomitsi" [Modeling business processes of the IT department of the enterprise in the information economy]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu im. V. N. Karazina. Seriya «Ekonomiczna»*, no. 90 (2016): 85-90.

Muntyanova, A. A. "Modelirovaniye innovatsionnoy sostavlyayushchey sbalansirovannoy sistemy pokazately IT-kompanii" [Modeling an innovative component of the balanced scorecard of an IT company]. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2017. http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_146_Muntyanova.pdf_1defb56759.pdf

Nikitenkova, M. A. "Analiz faktorov riskov innovatsionnoy deyatelnosti v sfere informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologiy" [Analysis of the risk factors of innovation in the field of information and communication technologies]. <http://www.rusus.ru/?act=read&id=354#sdfnote1sym>

"Rozvytok ukrainskoi IT-industrii: analitychnyi zvit" [The development of the Ukrainian IT industry: an analytical report]. https://ko.com.ua/files/u125/Ukrainian_IT_Industry_Report_UKR.pdf

Rozanova, T. P., and Ivanova, Yu. N. "Osobennosti produktovoy strategii IT-kompaniy" [Features of the product strategy of IT companies]. <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-produktovoy-strategii-it-kompaniy>

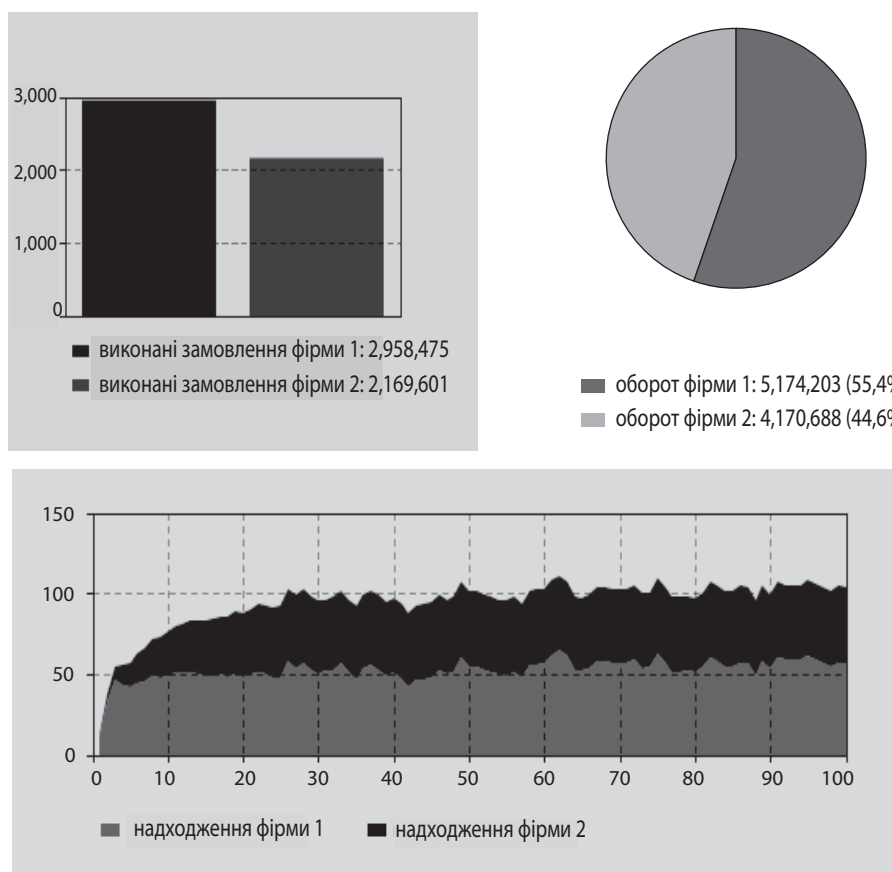


Рис. 14. Ситуація 7: дослідження впливу ступеня консерватизму клієнтів

"Simulation modeling. Theory and practice". Eighth All-Russian Scientific and Practical Conference IMMOD-2017. November 12, 2018. <http://simulation.su/static/ru-immod-2017.html>

Smerichevska, S. V., and Olieniev, M. M. "Tendentsii ta stratehichni perspektyvy rozvytku rynku IT-outsorsynhu v Ukraini" [Trends and Strategic Prospects for IT outsourcing market in Ukraine]. *Ekonomika ta upravlinnia natsionalnym hospodarstvom*, no. 1 (2017): 47-53.

The 36th International Conference of the System Dynamics Society (2018). <https://www.systemdynamics.org/past-conference-2018>

Winter Simulation Conference. The premier international forum for disseminating recent advances in the field of system simulation. November 01, 2018. <http://meetings2.informs.org/wordpress/wsc2018/>