

ISSN 2616-6437

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Державний вищий навчальний заклад  
«КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВАДИМА ГЕТЬМАНА»

Збірник наукових праць «Моделювання  
та інформаційні системи в економіці»  
входить до Переліку наукових видань  
України, Наказ Міністерства освіти і  
науки України № 1222 від 07.10.2016 р.

# Моделювання та інформаційні системи в економіці

**Збірник наукових праць**

*Заснований у 1965 р.*

**№ 95**

Головний редактор *В. К. Галицин*

1906  **КНЕУ**  
КИЇВ 2018

УДК 311:519.2:519.86

*Редакційна колегія*

**В. К. Галіцин**, д.е.н., проф. (гол. ред.); **О. В. Піскунова**, д.е.н., проф. (заст. гол. ред.); **І. В. Луняк**, к.е.н., доц. (відп. секр.); **З. П. Бараник**, д.е.н., проф.; **Г. І. Великоіваненко**, к.ф.-м.н., проф.; **В. В. Вігліньський**, д.е.н., проф.; **І. А. Джалладова**, д.ф.-м.н., проф.; **І. Г. Манцуров**, чл.-кор. НАН України, д.е.н., проф.; **А. В. Матвійчук**, д.е.н., проф.; **С. К. Рамазанов**, д.т.н., д.е.н., проф.; **М. І. Скрипниченко**, д.е.н., проф.; **О. П. Степаненко**, д.е.н., проф.; **О. П. Суслов**, д.е.н., проф.; **С. Байзаков**, д-р, проф. (Казахстан); **Я. Гасанлі**, д-р, проф. (Азербайджан); **Лакатос Ласло**, д-р, проф. (Угорщина); **Л. В. Стемплевська**, д-р, проф. (Польща); **І. В. Чернишов**, д-р, проф. (Великобританія)

*Адреса редакційної колегії: 04053 м. Київ, Львівська пл., 14  
ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»  
кімн. 413. Тел.: 537-07-42, 537-07-29*

*Засновник та видавець  
Державний вищий навчальний заклад  
«Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»*

*Засновано в Міністерстві юстиції України  
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 11718-589Р від 11.09.06*

*Рекомендовано до друку Вченою радою КНЕУ  
Протокол № 4 від 22.11.2108*

*Художник обкладинки Т. Зябліцева  
Видано в авторській редакції  
Верстка О. Руденко*

*Підписано до друку 27.11.18. Формат 60×84/16. Папір офсет.  
Гарнітура Тип Таймс. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 13,01.  
Обл.-вид. арк. 14,81. Наклад 100 пр. Зам. № 18-5499.*

*Державний вищий навчальний заклад  
«Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»  
03680, м. Київ, проспект Перемоги, 54/1  
Тел./факс (044) 537-61-41; тел. (044) 537-61-44  
E-mail: publish@kneu.kiev.ua*

© КНЕУ, 2018

## ЗМІСТ

---

<i>Бараник З.П., Бабєсва О.В.</i> Статистичне оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу України . . . . .	5
<i>Бєгун А.В., Осипова О.І., Урденко О.Г.</i> Ситуаційний лог-менеджмент інформаційної безпеки підприємства . . . . .	18
<i>Блудова Т.В., Островська М.С.</i> Моделювання функції відгуку рекламних звернень за умови періодичності реклами в короткостроковому періоді . . . . .	30
<i>Бондаренко М.В., Бондаренко В.М.</i> Класичний та бінарний генетичні алгоритми для знаходження глобального оптимуму в задачах невипуклої оптимізації . . . . .	44
<i>Борисов Є М., Барвінок А.С.</i> Про один підхід до розв'язування деяких задач оптимізації . . . . .	57
<i>Великоїваненко Г.О., Бєсчастна Г.О.</i> Аналіз рівня стійкості та визначення рейтингів страхових компаній України . . . . .	65
<i>Галіцин В.К., Суслов О.П., Самченко Н.К., Азутін М.М.</i> Формування, ранжування та оцінювання цілей управлінських рішень . . . . .	81
<i>Гарматюк К.А.</i> Оцінювання впливу макроекономічних факторів розвитку економіки на діяльність ринку страхування . . . . .	96
<i>Данилюк Н.М.</i> Знаходження рівня сумісних витрат на соціальну рекламу продавця та виробника продукції . . . . .	107
<i>Зінькевич Т.О., Лісовська В.П., Стасюк В.Д.</i> Дослідження деяких моделей споживчого вибору . . . . .	120
<i>Камінський О.Є.</i> Методологічні засади міграції ІТ-інфраструктури підприємств до динамічного хмарного середовища . . . . .	133
<i>Катуніна О.С., Гузенко О.Ю.</i> Моделі машинного навчання в маркетингових дослідженнях ринку продуктів харчування . . . . .	146
<i>Мамонова Г.В., Попович Л.О.</i> Ієрархія загроз ефективного функціонування закладів вищої освіти в Україні . . . . .	170
<i>Устенко С.В., Остапович Т.В.</i> Аналіз та використання технологій VoIP-телефонії в банківських системах . . . . .	181
<i>Шапошник О.Л.</i> Моделювання впливу змін грошово-кредитної політики на рівень фінансової безпеки держави . . . . .	194
<i>Щєкань Н.П.</i> Геометричні та алгебраїчні фрактальні методи в інформаційних технологіях обробки і аналізу потоків даних . . . . .	205

## CONTENTS

---

<i>Baranyk Z.P., Babieieva O. V.</i> Statistical evaluation state and development the labor potential of Ukraine . . . . .	5
<i>Biehun, A., Osipova O., Urdenko O.</i> Situational log-management of information security of the enterprise . . . . .	18
<i>Bludova T., Ostrovska M.S.</i> Modeling the function of address reference references under conditions of periodicity of advertising in a brief successful period . . . . .	30
<i>Bondarenko M., Bondarenko V.</i> Classic and binary genetic algorithms for searching global optimum in problems of nonconvex optimization . . . . .	44
<i>Borysov E., Barvinok A.</i> About one approach to solving some optimization tasks . . . . .	57
<i>Velykoivanenko H., Beschastna G.</i> Analysis of the stability and rating of Ukrainian insurance companies . . . . .	65
<i>Galitsin V., Suslov O., Samchenko N., Agutin M.</i> Formation, ranking and evaluation the goals of management solutions . . . . .	81
<i>Garmatyuk K. A.</i> The impact assessment of macroeconomic factors in economic development on the insurance market . . . . .	96
<i>Danylyuk N.M.</i> Incorporation of general expenditure on social seller and producer advertising . . . . .	107
<i>Zinkevych T., Lisovska V., Stasiuk V.</i> Research of some models of consumer choice . . . . .	120
<i>Kaminsky O.E.</i> Methodological bases of migration of IT infrastructure into a dynamic cloud environment . . . . .	133
<i>Katunina O., Huzenko O.</i> Models of machine learning in marketing research of the food market . . . . .	146
<i>Mamonova C. V., Popovych L. O.</i> Ierarchy of threat of effective functioning of higher education establishments in Ukraine . . . . .	170
<i>Ustenko S., Ostapovich T.</i> The analysis and usage the technologies of VoIP-telephones at the banking systems . . . . .	181
<i>Shaposhnyk H.</i> Modeling the influence of changes in the money-credit policy on the state of financial safety level . . . . .	194
<i>Shchekan N.P.</i> Geometrical and algebraic fractal methods in information technologies of data flow treatment and analysis . . . . .	205

**Бараник З.П.**, доктор економічних наук,  
професор кафедри статистики  
**Бабасва О.В.**, аспірантка кафедри статистики,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана»

**Baranyk Z.P.**, Doctor of Economic Sciences,  
Deputy Head of the Department of Statistics  
**Babieieva O. V.**, postgraduate,  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»

## СТАТИСТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ТА РОЗВИТКУ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНИ

## STATISTICAL EVALUATION STATE AND DEVELOPMENT THE LABOR POTENTIAL OF UKRAINE

*Анотація. Стаття присвячена науковому обґрунтуванню методичних положень інтегрального оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу. З метою реалізації інноваційної стратегії розвитку країни вдосконалено методологічні положення щодо застосування методичного підходу інтегрального оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу населення України.*

*Існуючі методичні підходи, що застосовуються для оцінювання ефективного використання трудового потенціалу, не в повному обсязі враховують усі його особливості, кількісні та якісні характеристики, особливо такі, як: наукова творчість, винахідливість, інноваційність тощо.*

*У сучасних наукових дослідженнях перевага надається використанню якісних характеристик, однак при цьому враховуються також і кількісні характеристики трудового потенціалу. У зв'язку з цим значного поширення набули методичні положення статистичного оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу за допомогою інтегральної оцінки.*

*Інтегральне оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу передбачає як безпосередню оцінку інноваційної складової, так і чинників опосередкованого впливу, у яких такий інноваційний розвиток відбувається.*

*Обчислено коефіцієнт конкордації та зроблено висновок щодо узгодженості думок експертів щодо вагомості компонент трудового потенціалу. Розраховано рівень стану та розвитку трудового потенціалу за регіонами України у 2017 році. Виокремлено п'ять груп регіонів залежно від рівня розвитку трудового потенціалу та окреслено перспективи їх розвитку. Групування подібних за станом ы динамікою розвитку регіонів дозволяє розробляти та впроваджувати гнучку та ефективну диференційовану політику державного регулювання виділених територій щодо розвитку трудового потенціалу. Визначено основні переваги запропонованого методичного підходу.*

*Ключові слова: трудовий потенціал, інтегральне оцінювання, методичний підхід, інноваційний розвиток, стимулятори, дестимулятори, коефіцієнт конкордації.*

*Anotation. The article is devoted to scientific background of methodological guidelines regarding integrated assessment of the labor force potential innovative development. In order to implement the innovative development strategy of the country, methodological guidelines concerning the methodological approach use in the integrated assessment of the condition and development of the Ukrainian population labor force potential have been upgraded.*

*Existing methodical approaches used for the labor force potential effective use not fully take into account all its features, quantitative and qualitative characteristics, especially such as: scientific creativity, ingenuity, innovation, etc.*

*Modern scientific researches give the preference to the use of qualitative characteristics, however, at the same time; both quantitative and qualitative characteristics of the labor force potential are taken into account. In connection with this, significant expansion has been achieved the methodical guidelines for the statistical evaluation of the labor force potential condition and development through the integrated assessment.*

*Integrated assessment of the condition and development of the labor force potential provides both direct evaluation of the innovation component and factors of indirect influence under which such an innovative development takes place.*

*The concordance rate is calculated and a conclusion is made regarding the consistency of expert opinions on the importance of the labor force potential components. The level of innovative development of the labor force potential by regions of Ukraine in 2017 is calculated. Five groups of regions are distinguished depending on the level of innovative development of labor force potential. The prospects of their development are outlined. The main advantages of the proposed methodological approach are determined. Grouping the regions of similar condition and dynamics of development allows to develop and implement a flexible and effective differentiated policy of state regulation allocated areas regarding the development of the labor force potential. The main advantages of the proposed methodological approaches are defined.*

*Key words: labor force potential, integrated assessment, methodical approach, innovative development, stimulants, non-stimulants, concordance rate.*

**Постановка проблеми.** Ситуацію в національній інноваційній сфері сьогодні характеризують різного роду кризові явища: енергетична залежність, забруднення навколишнього середовища, наявність застарілих матеріало- та енергомістких основних фондів тощо. Швидко втрачаються можливості для розвитку наукових досліджень, оперативного впровадження їх результатів у практику для реагування на світові науково-технологічні досягнення та ефективного використання їх у національних інтересах.

В умовах розбудови економіки інноваційного типу, ускладнення технологічних процесів у галузях національної економіки, широкого застосування автоматизованого обладнання та інформаційно-комунакаційних технологій, пред'являють якісно нові вимоги до кількісних і якісних характеристик трудового потенціалу. Усе це обумовлює необхідність розробки відповідних методичних положень інтегрального оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу.

Розробка відповідного статистичного методичного інструментарію передбачає розгляд існуючих методичних положень, визначення їх основних переваг і недоліків і проведення дослідження з метою вибору найраціональнішого з них.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій з проблеми.** Дослідження проблем розвитку та використання трудового потенціалу ніколи не втрачало своєї актуальності й перебувало в центрі уваги багатьох учених. Розробці методичних аспектів оцінювання трудового потенціалу присвячено роботи багатьох вітчизняних і зарубіжних учених. Вагомий внесок у розроблення цих питань внесли З. Бараник, О. Боднарук, В. Васильченко, Б. Генкін, А. Гриненко, О. Грішнова, В. Гриньова, Н. Єсінова, Л. Керб, А. Коцур, Е. Лібанова, В. Лич, І. Манцкров, В. Пономаренко, О. Посилкіна, С. Сембер, В. Толок, Р. Чорний, Л. Шаульська.

**Постановка завдання.** Завданням дослідження є наукове обґрунтування методичних положень інтегрального оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу, визначення його основних принципів, розгляд переваг і недоліків.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Трудовий потенціал — головна продуктивна сила суспільства, його фактичні та потенційні ресурси праці (чисельність економічно активного населення), які реалізуються та можуть бути реалізовані найближчим часом в умовах досягнутого рівня розвитку продуктивних сил і соціально-трудова відносин.

Економічна сутність трудового потенціалу суспільства полягає в тому, що він, виступаючи у формі діючої робочої сили, створює матеріальні й духовні цінності, а як потенційна робоча сила — здатний їх виробляти. Отже, суспільство зацікавлено в максимальній питомій вазі трудового потенціалу, задіяного в суспільно-корисній праці, адже це збільшує валовий внутрішній продукт і національний дохід, що дає можливість підвищити якість життя населення [1].

Соціальна сутність трудового потенціалу полягає в тому, що він дає можливість як окремим особам, так і різним соціальним групам населення визначити своє місце в суспільно-корисній праці, через яку самоствердитися у суспільстві та забезпечити собі і суспільству законне джерело доходів. Цивілізоване суспільство повинно мати в цьому надзвичайну зацікавленість, бо ж укупі з економічною сутністю саме це створює передумови для появи в країні так званого середнього класу.

Існуючі методичні підходи, що застосовуються для оцінки трудового потенціалу, можна розподілити на три групи: оцінка в натуральному, відносному та вартісному виразі. Переваги та доцільність застосування кожного з них, а також наявні недоліки, визначаються залежно від мети дослідження. Не применшуючи науково-теоретичну та практичну цінність кожного з існуючих методичних підходів до оцінки трудового потенціалу, слід відзначити, що визначення рівня стану та розвитку трудового потенціалу можливе лише із застосуванням відносних показників.

У сучасних наукових дослідженнях перевага надається використанню якісних показників, однак при цьому враховуються також і кількісні оцінки трудового потенціалу. У зв'язку з цим значного поширення набули методичні положення інтегральної оцінки трудового потенціалу.

Інтегральне оцінювання інноваційного розвитку трудового потенціалу передбачає як безпосередню оцінку інноваційної складової, так і чинників опосередкованого впливу, у яких такий інноваційний розвиток відбувається.

Обраний на основі аналізу та узагальнення можливих методичних прийомів підхід інтегрального оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу дозволяє сформулювати основні положення його застосування.

Основні положення інтегрального оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу:

- сформований інтегральний показник має відповідати окресленій меті дослідження — надавати адекватну оцінку реальній ситуації стосовно рівня інноваційного розвитку трудового потенціалу регіонів країни;

- схема побудови інтегрального показника повинна бути логічно обгрунтованою, надавати можливість для здійснення чіткої та однозначної інтерпретації отриманих результатів [2];

- урахування наявності, відкритості та оперативності вихідної інформації для проведення розрахунків (даних Державної служби статистики України та інших офіційних джерел, можливості проведення експертної оцінки окремих аспектів тощо);

- кількість відібраних показників повинна бути достатньою для здійснення обгрунтованої оцінки, однак необхідно уникати надмірного перенасичення інформацією (принцип мінімально достатньої кількості інформації) [3];

- компоненти, включені до складу інтегрального показника, мають нерівнозначний вплив на рівень розвитку трудового



потенціалу, тому доцільно обчислювати вагові коефіцієнти для кожної зі складових;

- методичний підхід інтегрального оцінювання повинен забезпечувати можливість порівняння інтегральної оцінки в цілому та кожної з її компонент не лише відносно різних регіонів країни, але й динаміки рівня інноваційного розвитку трудового потенціалу у межах одного й того ж регіону, у зв'язку з чим доцільне проведення розрахунків за ряд років.

Інтегральне оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу передбачає застосування такого алгоритму побудови :

1. Постановка проблеми у загальному вигляді. Розширення проблеми до проблематики. Обґрунтування мети дослідження.

2. Визначення основних компонент інтегральної оцінки та показників-індикаторів для їх обчислення [2].

3. Здійснення розподілу показників-індикаторів на стимулятори та дестимулятори.

4. Обчислення стандартизованих значень показників-індикаторів.

5. Розрахунок значень кожної з компонент, включених до складу узагальнюючого показника.

6. Обчислення вагових коефіцієнтів для кожної зі складових інтегральної оцінки.

7. Розрахунок значень кожної з компонент узагальнюючого показника з урахуванням вагових коефіцієнтів.

8. Визначення інтегрального узагальнюючого рівня для кожного з регіонів країни за ряд років.

9. Порівняльний аналіз рівня розвитку трудового потенціалу за регіонами відносно один одного, у розрізі компонент інтегрального показника, за тим самим регіоном у динаміці.

10. Формування висновків, визначення перспектив і пріоритетів розвитку трудового потенціалу регіонів.

При визначенні основних компонент інтегральної оцінки слід врахувати, що в умовах формування економіки інноваційного типу трудовий потенціал, з одного боку, виступає в ролі самостійного людського ресурсу, що відображає ступінь поточного та перспективного забезпечення регіональної економіки робочою силою та можливостей економічного зростання в регіоні, а з іншого боку, є тим елементом економічного потенціалу, що з'єднує та залучає до економічної діяльності всі інші його складові й тим самим визначає конкурентоспроможність економічної системи регіону.

Зважаючи на це, інтегральну оцінку рівня розвитку трудового потенціалу пропонується здійснювати за такими компонентами:

демографічна, зайнятості, соціально-економічна, медична, освітня, інноваційна.

У свою чергу, до складу кожної з компонент інтегральної оцінки віднесено ряд показників-індикаторів.

Обчислення стандартизованих значень показників-індикаторів пропонується здійснювати на основі інтегральних оцінок, розрахованих на основі відхилень  $(x_{ij}-a)$ , стандартизованих варіаційним розмахом  $(x_{max} - x_{min})$ .

При цьому для стимуляторів  $a=x_{min}$ :

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (1)$$

Для дестимуляторів  $a=x_{max}$  :

$$z_{ij} = \frac{x_{max} - x_{ij}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2)$$

Тобто  $z_{ij}$  показує відносну позицію J-го регіону в діапазоні варіації за і-тою ознакою. При високих значеннях і-тої ознаки  $z_{ij}$  наближається до 1, при низьких — до 0. Таку саму властивість має й інтегральна оцінка:

$$G_j = \frac{1}{m} \sum_1^m z_{ij} \quad (3)$$

Чим вищий рівень розвитку властивості, тим далі від нуля відхиляється значення  $G_j$ .

Крім того, особливого значення набуває необхідність оцінки вагових значень кожної зі складових, що безпосередньо входять до результуючого інтегрального показника. Найпоширеніші три методи визначення вагових коефіцієнтів: на основі матриці коефіцієнтів парної кореляції, на основі обчислення факторних навантажень, на основі експертної оцінки [2].

За сучасних умов існування кризових явищ у світовій і національній економіці найдоцільніше застосовувати експертну оцінку. Сутність методу експертних оцінок полягає у залученні висококваліфікованих незалежних фахівців для оцінки економічних явищ і зв'язків [1].

Конструювання інтегральної оцінки найчастіше передбачає обґрунтування вагомості кожної з її складових. Визначення вагових коефіцієнтів здійснюється за допомогою експертно-статистичних методів (рис. 1).



Рис. 1. Алгоритм експертної оцінки вагомості компонент

Джерело: складено автором

При цьому надійність групових оцінок залежить від узгодженості думок експертів, якій має передувати відповідна статистична обробка інформації [4].

З метою оцінки вагомості складових формується група з  $n$  експертів, які здійснюють ранжування факторів за їх пріоритетністю від 1 до  $k$  ( $k=6$ ).

Статистична обробка результатів ранжування передбачає оцінювання ступеня узгодженості думок експертів. Мірою узгодженості слугує коефіцієнт конкордації  $W$ , в основу розрахунку якого покладено відхилення  $d$  сум рангів за окремими варіантами  $\sum R_i$  від середньої суми рангів, яка становить  $0,5 n (m+1)$ .

Коефіцієнт конкордації — відношення суми квадратів названих відхилень  $S = \sum d^2$  до максимально можливої суми квадратів відхилень  $S_{max} = n^2(m^3 - m)/12$ . Якщо ранги не повторюються, то коефіцієнт конкордації розраховується за формулою:

$$W = \frac{12 S}{n^2 (m^3 - m)} \quad (4)$$

де  $m$  — кількість варіантів;  $n$  — кількість експертів.

При неузгодженості думок експертів  $W=0$ , при абсолютній узгодженості  $W=1$ . Перевірка істотності коефіцієнта конкордації  $W$  здійснюється за допомогою критерія  $\delta^2$  з  $(m-1)$  числом ступенів вільності. Статистична характеристика критерію розраховується за формулою:

$$\delta^2 = W n (m-1). \quad (5)$$

Порівняння розрахункового значення  $\delta^2$  з критичним значенням за відповідними стандартними табличними значеннями дає підстави стверджувати з певною імовірністю, що значення коефіцієнта конкордації не випадкове і думки експертів узгоджені, або навпаки [2].

При використанні методу попарних порівнянь вагомості складових результати подаються у вигляді матриці, елементи якої є кількість наданих переваг. При цьому відношення кількості наданих складовій переваг до загальної суми елементів матриці характеризує її вагомість [3].

Тоді, з урахуванням вагових коефіцієнтів, інтегральна оцінка розвитку трудового потенціалу визначатиметься як:

$$I = \sum_{i=1}^{I=6} I_j \omega_j \quad (6)$$

З метою визначення вагомості кожної з компонент інтегральної оцінки рівня розвитку трудового потенціалу було проведено опитування 10 експертів, які проранжували компоненти за їх пріоритетністю від 1 до 6 (результати опитування експертів наведені в табл. 1).

За даними таблиці, коефіцієнт конкордації становить:

$$W = (12 * 1310) / 10^2 * (6^3 - 6) = 0,75.$$

Порівнявши розраховане значення  $\chi^2(49)$  з критичним значенням за відповідними таблицями, маємо підстави стверджувати з імовірністю 0,95, що значення коефіцієнта конкордації не випадкове, а думки експертів узгоджені.

Результати попарних порівнянь вагомості кожної з компонент рівня розвитку трудового потенціалу представимо у вигляді матриці, елементами якої виступає кількість наданих переваг. При цьому відношення кількості наданих відповідній складовій переваг до загальної суми елементів матриці характеризує її вагомість  $\omega_i$ .

Таблиця 1

**РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ КОМПОНЕНТ**

Показник	Експерт										Сума рангів	d	d <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Демографічна	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	59	24	576
Медична	5	4	5	5	5	3	3	6	2	5	43	8	64
Занятості	3	2	1	4	1	4	5	2	4	3	29	-6	36
Соціально-економічна	4	5	4	3	4	5	4	4	5	4	42	7	49
Освітня	2	3	3	2	3	2	2	1	3	2	23	-12	144
Інноваційна	1	1	2	1	2	1	1	3	1	1	14	-21	441
<b>РАЗОМ</b>											210		1310

Джерело: розрахунки автора

Таблиця 2

**РЕЗУЛЬТАТИ ПОПАРНИХ ПОРІВНЯНЬ ВАГОМОСТІ КОМПОНЕНТ**

Показник	Експерт										Разом	$\omega_i$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Демографічна	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	<b>0,007</b>
Медична	1	2	1	1	1	3	3	0	4	1	17	<b>0,113</b>
Занятості	3	4	5	2	5	2	1	4	2	3	31	<b>0,207</b>
Соціально-економічна	2	1	2	3	2	1	2	2	1	2	18	<b>0,120</b>
Освітня	4	3	3	4	3	4	4	5	3	4	37	<b>0,247</b>
Інноваційна	5	5	4	5	4	5	5	3	5	5	46	<b>0,307</b>
<b>РАЗОМ</b>											<b>150</b>	1,000

Джерело: розрахунки автора

Результати обробки оцінок експертів свідчать, що найбільший вплив на рівень розвитку трудового потенціалу здійснюють такі складові, як інноваційна (0,307), освітня (0,247), компонента зайнятості (0,207), найменший — соціально-економічна (0,120), медична (0,113) та демографічна (0,007).

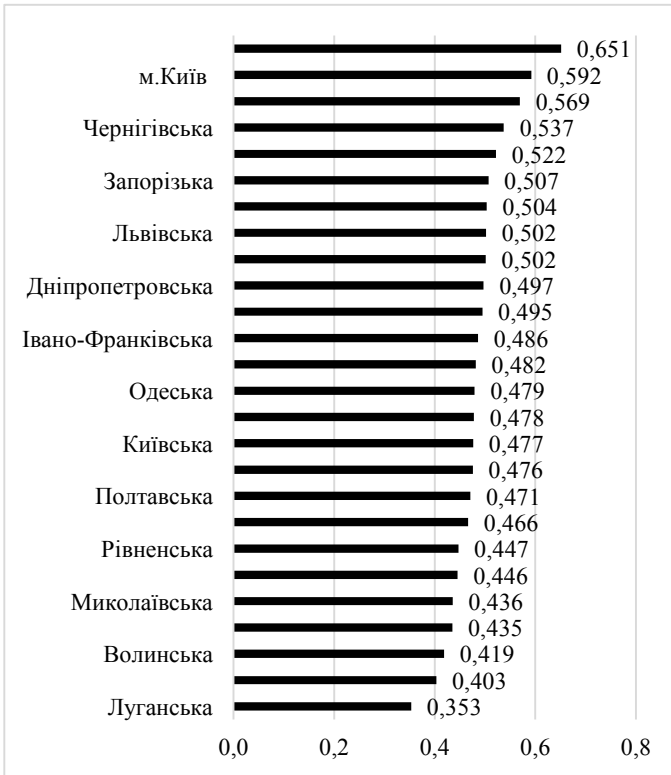


Рис. 2. Інтегральна оцінка рівня стану та розвитку трудового потенціалу за регіонами України у 2017 році

Джерело: розрахунки автора за даними Державної служби статистики України

Значення рівня стану та розвитку трудового потенціалу коливається в межах від 0,651 (Харківська область) до 0,353 (Луганська область) (рис. 2). Отримані значення інтегральної оцінки дозволяють здійснити порівняльну характеристику рівня розвитку трудового потенціалу за регіонами країни.

Результати групування регіонів та перспективи розвитку трудового потенціалу для кожної групи представлено в табл. 3.

*Таблиця 3*

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ  
ЗА ГРУПАМИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ**

Рівень розвитку ТП	Інтервал значень	Регіони
Найвищий	0,589–0,651	м. Київ та Харківська область
Високий	0,53–0,589	Сумська, Чернігівська
Середній	0,471–0,53	Вінницька, Дніпропетровська, Закарпатська, Запорізька, Івано-Франківська, Київська, Кіровоградська, Львівська, Одеська, Тернопільська, Херсонська, Чернівецька
Низький	0,412–0,471	Волинська, Донецька, Житомирська, Миколаївська, Рівненська, Полтавська, Хмельницька
Найнижчий	0,353–0,412	Луганська, Черкаська

Джерело: узагальнення автора

Умовно регіони України за рівнем розвитку трудового потенціалу можна поділити на п'ять груп. До першої з найвищим рівнем розвитку трудового потенціалу належать м. Київ і Харківська область. Велике відхилення від інших регіонів обумовлено насамперед високими показниками інноваційної активності підприємств промисловості, найвищою чисельністю студентів ВНЗ III–IV рівнів акредитації з розрахунку на 10000 осіб населення, мінімальним в країні коефіцієнтом зносу основних засобів у сфері освіти та найвищим рівнем оплати праці. Тому переваги м. Києва та Харківської області порівняно з рештою регіонів в освітній, інноваційній, соціально-економічній та інших сферах дозволяють забезпечити порівняно високий рівень використання та інноваційного розвитку трудового потенціалу, концентрацію кваліфікованих кадрів і їхній відтік з інших регіонів.

До другої з високим рівнем розвитку трудового потенціалу належать Сумська та Чернігівська області. Для них характерним є високий розвиток освітньої, наукової та медичної сфер. Стратегічною перспективою для перелічених регіонів повинна стати подальше нарощування активності в інноваційній та освітніх сферах.

До третьої з середнім рівнем розвитку трудового потенціалу належать Вінницька, Дніпропетровська, Закарпатська, Запорізька, Івано-Франківська, Київська, Кіровоградська, Львівська, Одеська, Тернопільська, Херсонська, Чернівецька області. Для регіонів цієї групи у перспективі необхідним є чітке визначення найпріоритетніших напрямів економічної діяльності, формування на їх основі інноваційних кластерів із широким залученням до даного процесу закладів освіти.

До четвертої групи з низьким рівнем розвитку трудового потенціалу належать Волинська, Донецька, Житомирська, Миколаївська, Рівненська, Полтавська, Хмельницька області. Для цих регіонів доцільним є забезпечення розширеного відтворення основних фондів у сферах освіти і науки, підвищення результативності витрат на інновації.

До п'ятої групи з найнижчим рівнем розвитку трудового потенціалу належать Луганська та Черкаська області. Для цієї групи нагальним є впровадження новітніх технологій у сферах промисловості та в аграрній сфері, формування механізмів закріплення підготовлених фахівців на робочих місцях регіону.

Таким чином, результати проведеного аналізу (визначення рівнів розвитку трудового потенціалу в регіонах України) дозволяють розробляти і впроваджувати гнучку і ефективну диференційовану політику державного регулювання щодо виділених територій.

До основних переваг запропонованого методичного підходу інтегральної оцінки стану та розвитку трудового потенціалу належать:

- відносна нескладність розрахунків та інтерпретації отриманих результатів, наявність і доступність вихідної інформації;
- можливість порівняння та аналізу узагальнюючого показника, а також показників інтегральної оцінки за кожною з компонент;
- можливість порівняння та аналізу отриманих результатів за регіонами країни, а також відносно одного й того ж регіону у динаміці.



**Висновки.** У статті вдосконалено методичні положення щодо інтегрального оцінювання стану та розвитку трудового потенціалу, шляхом визначення основних компонент (демографічна, медична компонента, соціально-економічна, освітня, компонента зайнятості та інноваційна компонента). Вони (на відміну від існуючих підходів) дозволяють оцінити рівень готовності безпосередньо економічно активного населення до зайнятості у сфері інноваційної праці, провести на цій основі групування регіонів з метою забезпечення ефективного державного регулювання процесу відтворення трудового потенціалу.

### ***Література***

1. Бараник З. П. Функціонування ринку праці: статистична оцінка : [моногр.] / Бараник З. П. — К. : КНЕУ, 2007. — 370 с.
2. Бендасюк О. О. Особливості розвитку трудового потенціалу України в умовах переходу до інноваційної моделі економіки / О. О. Бендасюк // Регіональна економіка. — 2010. — № 1. — С. 172–177.
3. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/> — Назва з титул. екрана.

### ***References***

1. Baranyk Z. P. Funktsionuvannia rynku pratsi: statystychna otsinka : [monohr.] / Baranyk Z. P. — K. : KNEU, 2007. — 370 s.
2. Bendasiuk O. O. Osoblyvosti rozvytku trudovoho potentsialu Ukrainy v umovakh perekhodu do innovatsijnoi modeli ekonomiky / O. O. Bendasiuk // Regional'na ekonomika. — 2010. — № 1. —S. 172–177.
3. Ofitsijnyj sajt Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Elektronnyj resurs]. — Rezhym dostupu : <http://www.ukrstat.gov.ua/> — Nazva z tytul. ekrana.

Статтю подано до редакції 10.10.2018 р.

**Бегун А.В.**, к.е.н., професор,  
**Осіпова О.І.**, к. е. н., доц.,  
**Урденко О.Г.**, аспірант,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана»

**Bichun, A.V.**, Dr. Prof.,  
**Osipova O.I.**, Associate Professor,  
**Urdenko, O.G.**, postgraduate ,  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadim Hetman»

## **СИТУАЦІЙНИЙ ЛОГ-МЕНЕДЖМЕНТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА**

### **SITUATIONAL LOG-MANAGEMENT OF INFORMATION SECURITY OF THE ENTERPRISE**

*Анотація. Сучасні тенденції в розвитку ІТ-систем призводять до підвищення рівня складності ІТ-інфраструктури. Однією із основних причин збільшення такої складності є необхідність забезпечення інформаційної безпеки кожного домену. В першу чергу це пов'язано із стрімким розповсюдженням хмарних сервісів і мобільних пристроїв співробітниками та клієнтами компаній.*

*У статті проведено дослідження питання ситуаційного лог-менеджменту подій інформаційної безпеки. Для забезпечення комплексного рішення безпеки та моніторингу подій інформаційної безпеки авторами запропоновано скористатися програмною платформою для моніторингу логів, яка базується на технології хмарних обчислень. Зокрема, розглянуто основні напрями вирішення завдань щодо забезпечення комплексного рішення безпеки, а саме впровадження систем класу SIEM (наприклад, IBM Security QRadar SIEM, HP ArcSight, Tibco Loglogic, McAfee NitroSecurity, Symantec SSIM, RSA Envision, Splunk, LogRhythm) та використання сервісів для лог-менеджменту й аналітики, що базуються на хмарних обчисленнях (наприклад, Stackify або Loggly). Визначено, що використання SIEM-системи потребує значних обчислювальних ресурсів на підприємстві, тому в цьому контексті сервіси, які базуються на технології хмарних обчислень, мають ряд переваг. Тому для моніторингу подій інформаційної безпеки авторами запропоновано скористатись сервісом Loggly, що базується на технології хмарних обчислень.*

*Авторами досліджено основні інструменти сервісу Loggly та на конкретному прикладі проілюстровано, що ці інструменти дозволяють зручно організувати збір логів системи та додатків від різних джерел, нормалізувати лог-дані та провести їх аналіз. Розглянуто тарифи та умови використання хмарного сервісу Loggly залежно від особливостей та індивідуальних вимог компанії. На основі проведеного дослідження виділено основні переваги використання сервісу Loggly для збору та аналізу даних лог-журналів.*

*Ключові слова: лог, лог-менеджмент, хмарні обчислення, критичні події, джерело загрози, інциденти інформаційної безпеки, криптографічний протокол.*

*Annotation. Modern trends in the development of IT systems lead to an increase in the complexity of IT infrastructure. One of the main reasons for increasing such complexity is the need to provide information security for each domain. First of all, this is due to the rapid spread of cloud services and mobile devices by employees and clients of companies.*

*The article deals with the issue of situational log management of information security events. To provide an integrated security solution and monitor information security events, the authors propose using a software platform for monitoring logs based on cloud computing technology. In particular, the main directions of solving the tasks to provide a comprehensive security solution, namely, the introduction of SIEM class systems (for example, IBM Security QRadar SIEM, HP ArcSight, Tibco Loglogic, McAfee NitroSecurity, Symantec SSIM, RSA Envision, Splunk, LogRhythm) and the use of services for logging management and cloud-based analysts (e.g. Stackify or Loggly). It has been determined that the use of SIEM systems requires significant computing resources at the enterprise, so in this context services based on cloud computing technology have a number of advantages. Therefore, for the purpose of monitoring information security events, the authors suggested using Loggly, a technology based on cloud computing.*

*The authors examine the main tools of the Loggly service and, on a concrete example, illustrate that these tools allow you to conveniently organize the collection of logs of the system and applications from different sources, normalize log data and analyze them. The tariffs and terms of use of loggly service cloud service are considered depending on the features and individual requirements of the company. Based on the research, the main advantages of using Loggly service for collecting and analyzing log data are highlighted.*

*Keywords: log, log management, cloud computing, critical events, source of threat, information security incidents, cryptographic protocol.*

**Вступ.** Новітні тенденції та технології розвитку ІТ-систем створюють умови підвищення рівня складності ІТ-інфраструктури. Однією з головних причин збільшення такої складності є забезпечення інформаційної безпеки (ІБ) кожного домену. Якщо раніше для захисту, наприклад, локальної мережі достатньо було придбати більш дорогий брандмауер і встановити його в єдиній точці входу/виходу даних, то зараз використання хмарних сервісів, а також мобільних пристроїв співробітників і клієнтів компаній створює проблему дослідження й розробки «платформи» — інструментів комплексного рішення безпеки. Одним із таких інструментів є сервіс для лог-менеджменту та аналітики, який базується на технології хмарних обчислень [4].

У кожному домені ІБ на основі політики інформаційної безпеки домену здійснюється моніторинг усіх процесів [2] і рівня інформаційної безпеки.

Відповідно до терміну «платформа» визначимо основні задачі, які необхідно вирішувати в кожному домені ІБ:

1) збір даних — логів від різних джерел інформації (журнали подій серверів і робочих станцій, мережеве активне обладнання, DLP-системи, IDS та IPS-системи, антивірусні програми);

- 2) нормалізація логів від різних джерел — процес переведення записів лог-журналів у єдиний стандартний вид;
- 3) фільтрація та кореляція подій безпеки;
- 4) стосовно політики безпеки домену, реєстрація деяких подій як інцидентів ІБ.

Здійснивши огляд ринку готових ІТ-рішень, пропонуються можливі напрями вирішення поставлених завдань:

- 1) впровадження систем класу SIEM (IBM Security QRadar SIEM, HP ArcSight, Tibco Loglogic, McAfee NitroSecurity, Symantec SSIM, RSA Envision, Splunk, LogRhythm);

- 2) використання сервісів для лог-менеджменту та аналітики, що базуються на хмарних обчисленнях. Наприклад, Stackify або Loggly.

Використання SIEM-системи потребує значних обчислювальних ресурсів. У цьому контексті сервіси, які базуються на технології хмарних обчислень, мають ряд переваг [3].

За даної технології розподіленої обробки даних комп'ютерні ресурси й потужності надаються користувачеві як Інтернет-сервіси [1]. За рахунок цього забезпечується:

- зниження рівня вимог до обчислювальної потужності персональних комп'ютерів компанії;
- економія дискового простору (дані зберігаються на віддалених серверах провайдера);
- відсутність витрат на покупку програмного забезпечення (ПЗ) — усі потрібні програми беруться в оренду у провайдера хмарних обчислень;
- висока відмовостійкість;
- висока швидкість обробки даних;
- незалежність від елементів управління інформаційною інфраструктурою.

**Викладення основного матеріалу.** Враховуючи зазначені переваги, для вирішення поставлених завдань і моніторингу подій інформаційної безпеки, пропонується скористатися програмною платформою для моніторингу логів, яка базується на технології хмарних обчислень, на прикладі сервісу Loggly.

Loggly — це SaaS solution («Програмне забезпечення як послуга») — сервіс для лог-менеджменту та аналітики, який базується на технології хмарних обчислень (компанія заснована у 2009 році у Сан-Франциско, штат Каліфорнія).

Даний сервіс допомагає системним аналітикам, командам технічної підтримки обробляти та аналізувати значні масиви даних журналів логів, які надходять із різноманітних джерел — додатків, платформ та операційних систем.

Найпоширенішими джерелами, з яких можна збирати дані лог-файлів для аналізу, є:

1. Операційні системи: Linux, Windows.

2. Серверні додатки:

2.1. Local file or Syslog: файл-моніторинг (Linux Files, Windows Files), стандартні додатки (Apache, Nginx, Tomcat, IIS, MS SQLServer, MySQL, Rails, Django, MongoDB), Development Libraries (Java Log4j, PHP, PHP Monolog), Deployment Automation (Puppet, Chef, Docker), Log Collectors (FluentD, Logstash).

2.2. Прямая відправка із додатків: Development Libraries (Java Logback, Node.js, Django, Python, Ruby), Endpoints (Syslog, HTTP/S Event Endpoint, HTTP/S Bulk Endpoint).

2.3. Хмарні платформи: AWS Cloudtrail, Heroku, S3, New Relic, Webhooks.

3. Клієнтські додатки:

3.1. Web-клієнти: Javascript, Tracking Pixel, Flash, HTTP/S Event Endpoint, HTTP/S Bulk Endpoint.

3.2. Development Libraries: Python, Ruby, iOS, Java Logback, .NET.

4. Мережеві пристрої та Роутери.

Шляхи відправлення даних до сервісу представлені в табл. 1.

*Таблиця 1*

**СПОСОБИ ВІДПРАВЛЕННЯ ДАНИХ ДО СЕРВІСУ LOGGLY**

№	Спосіб	Опис
1	Local Syslog Agent	Використання локального системного агента (наприклад, syslog Windows) для відправки даних у Loggly
2	Centralized Syslog Agent	Централізація усіх лог-даних перед відправкою до Loggly шляхом використання
3	Hardware Device	Відправка даних з апаратних пристроїв (роутерів, фایрволів), використовуючи протоколи UDP, TCP
4	Direct With No Agent	Прямий спосіб, без використання агентів. Можливим є налаштування додатків таким чином, щоб запис логів здійснювався безпосередньо до Loggly через протокол HTTP / S, використовуючи RESTful API
5	Client-Side Logging	Безпосередньо з браузера або пристрою кінцевого користувача, використовуючи RESTful API або Tracking pixels

\*Розроблено авторами

*Система дозволяє записувати у форматі реального часу та обробляти будь-які текстові формати логів (наприклад, json, sys-*

log) від *syslog-ng*, *rsyslog*, *nxlog*, *Snare*, *routers*, *switches*, *Ruby*, *Java*, *Python*, *C/C++*, *Javascript*, *PHP*, *Apache server*, *Tomcat*, *MySQL*.

Під час проведення дослідження використовувався хмарний сервіс Loggly для аналізу лог-даних журналів системи, визначення подій ІБ та задання правил оповіщення про інциденти інформаційної безпеки. Результати проведеного дослідження наведено нижче.

Так, після реєстрації власного акаунту було здійснено імпорт даних, а саме даних операційної системи Windows: Журналу подій Windows, файлів журналів і потокового системного журналу.

Відправлені дані можна переглянути у двох форматах: *syslog* (текстовий формат даних, який дозволяє використовувати точну позначку часу створення повідомлення й здійснювати надійну ідентифікацію джерела повідомлення, а також застосовувати кодування UTF-8 для тексту повідомлення) та *json* (текстовий формат обміну даними, заснований на JavaScript і зазвичай використовуваний саме з цією мовою).

Трьома основними інструментами сервісу є:

1) Dashboard — інструмент, за допомогою якого можна відстежувати активність системи та додатків. Це, свого роду, «web-дошка», на якій за допомогою графіків і таблиць відображаються параметри працездатності системи та додатків. Кожен акаунт має Summary Dashboard — головну «дошку», на якій відображається (рис. 1):

- All Events Graph — графік, який відображає кількість усіх подій, які відправляються до Loggly;
- Alerts Overview — відображає критичні події системи;
- Saved Search Overview — перелік збережених пошуків акаунту;
- Top Values — відображає активність системи за значеннями обраного користувачем полів, яке найчастіше зустрічаються.



Рис. 1. Головна «дошка» Summary Dashboard акаунту

Крім того, є можливість створювати користувацькі дошки — «Custom Dashboard», залежно від потреби користувача (наприклад, для відображення метрик стабільності системи, подій додатків розробників тощо). До них можуть входити стандартні графіки сервісу та збережені пошуки користувача. Для Custom Dashboard діє розмежування прав доступу для різних користувачів акаунту.

2) Search — дозволяє здійснювати пошук (повнотекстовий пошук, пошук за окремими полями, значеннями змінних) за лог-файлам системи та додатків. Для зручності пошуку можливим є використання фільтрів.

Проведемо пошук за текстовим запитом «Security» за записами системних журналів за останні сім днів. Використаємо фільтр за параметрами: значення поля Severity (Важливість події) — «ERROR». На рис. 2 відображено результати пошуку за текстовим запитом «Security» за записами системних журналів періоду 17–24 травня із залученням фільтрації поля json.Severity: ERROR. Отримано такі результати пошуку: 41 подія, в полях лог-файлів яких присутнє слово «Security».

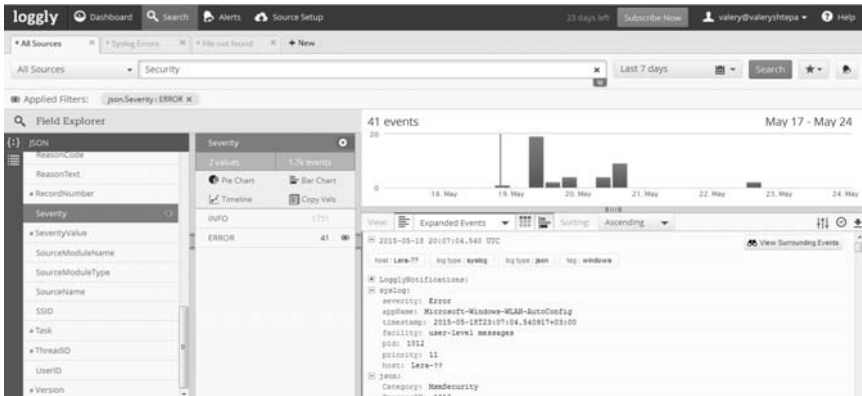


Рис. 2. Результати пошуку за текстовим запитом «Security»

Вміст лог-файлу кожної знайденої події можна прочитати, використовуючи інструмент View.

Дані логів подано у двох форматах syslog та json. Обираючи справа поле лог-файлу, можна переглянути усі можливі значення у знайдених результатах. Для зручності аналізу результати пошуку можна відображати графічно — у вигляді графіків, кругових і стовпчикових діаграм.

Побудований графік або діаграму можна додати до користувацької Custom Dashboard. Приклад створеної користувацької Custom Dashboard наведено на рис. 3.

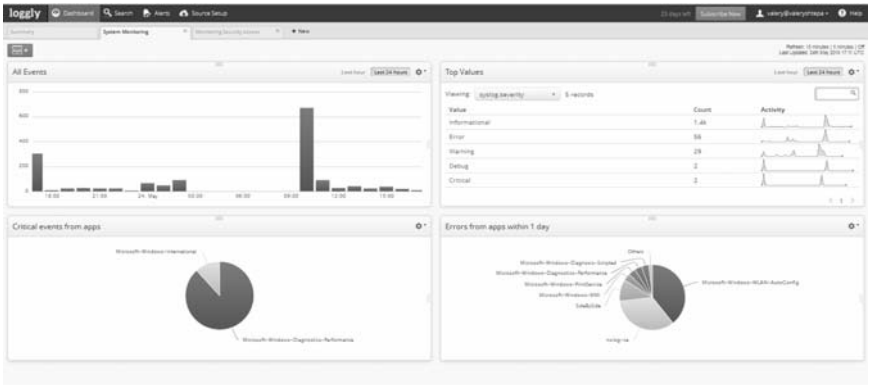


Рис. 3. Користувацька Custom Dashboard «System Monitoring»

3) Alerts — інструмент, який дозволяє налаштувати оповіщення про критичні події в системі. Проілюструємо процес налаштування оповіщень, використовуючи інструмент Saved Search.

Здійснюємо пошук подій за значенням поля пріоритет (поєднає у собі інформацію про джерело події та її важливість) `syslog.priority: "10"`, та використовуємо фільтрацію результатів за параметрами: додаток-джерело події та рівень важливості «Critical» (рис. 4).

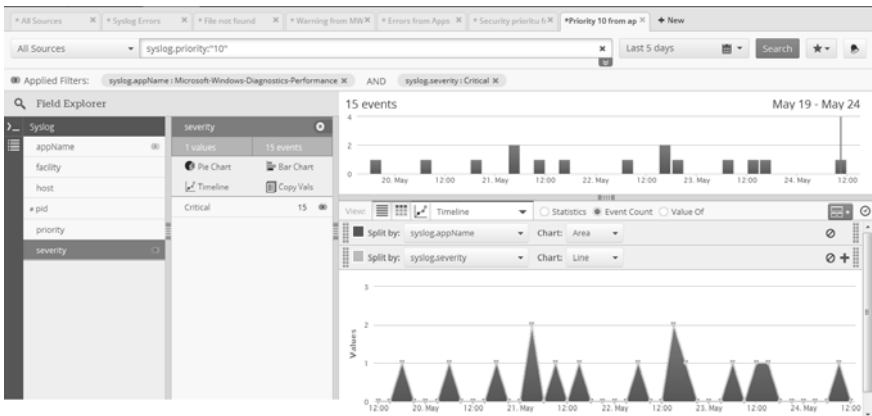


Рис. 4. Результати пошуку за значенням поля та фільтрами із параметрами



Збережемо даний пошук для подальшого використання. Можна створити та зберігати необмежену кількість контекстних пошуків, використовуючи інструмент Saved search (рис. 5).

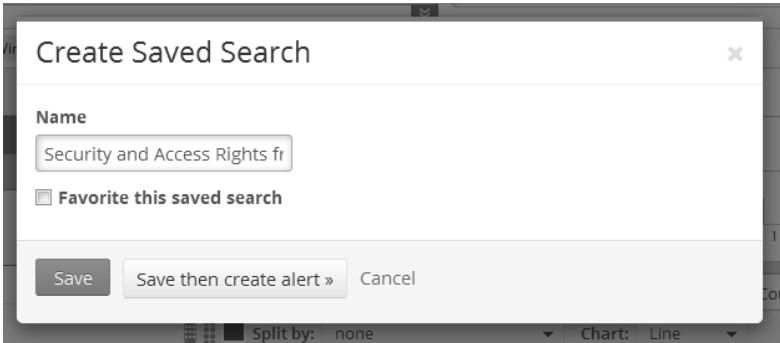


Рис. 5. Використання інструменту Saved Search

Натиснувши **Save then create alert**, створимо оповіщення за даними параметрами пошуку (рис. 6).

#### Add Alert

**Name**  
Security issues from MW Diagnostics Perf

**Description**  
): MW Diagnostics Performance with priority 10 - AUTHPR

**Saved Search**  
Visit the search page to save a search. "Custom Search Context" means this alert was not created from a saved search.  
Security and Access Rights from MW Diagnostic Performance  
terms: syslog.priority:"10"  
syslog.appName : Microsoft-Windows-Diagnostics-Performance  
syslog.severity : Critical

**Alert if**  
count is > 5 within 5 minutes

**Then**  
 Send an email  
Only registered users can receive alert notifications.  
valery (shtepalera@yandex.ru)

Рис. 6. Створення оповіщення «Security issues from MW Diagnostics Performance»

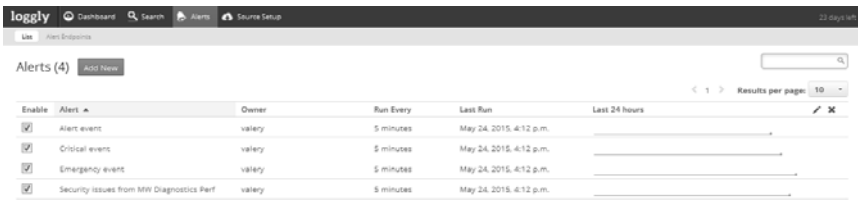
У вікні налаштування параметрів оповіщення заповнюємо поля Name (Назва) та Description (Опис). Далі наведено параметри збереженого пошуку, на основі якого формується оповіщення.

В області форми Alert if задаємо кількість подій, які відповідають умовам пошуку, та часовий проміжок для активації функції оповіщення.

Далі обираємо e-mail (наприклад, поштова адреса адміністратора мережі), на який дане оповіщення необхідно надіслати. Також можливим є отримання оповіщень через Pager Duty та чат-сервіси HipChat або Slack.

Активуємо оповіщення (Enable this alert) та зберігаємо.

Перейшовши до розділу Alerts на верхній панелі, можемо переглянути весь список створених оповіщень (рис. 7).



Enable	Alert	Owner	Run Every	Last Run	Last 24 hours
<input checked="" type="checkbox"/>	Alert event	vallery	5 minutes	May 24, 2015, 4:12 p.m.	
<input checked="" type="checkbox"/>	Critical event	vallery	5 minutes	May 24, 2015, 4:12 p.m.	
<input checked="" type="checkbox"/>	Emergency event	vallery	5 minutes	May 24, 2015, 4:12 p.m.	
<input checked="" type="checkbox"/>	Security issues from MX Diagnostics Perf	vallery	5 minutes	May 24, 2015, 4:12 p.m.	

Рис. 7. Перелік оповіщень про критичні події

Таким чином, дослідивши основні інструменти сервісу Loggly, переконалися, що вони дозволяють зручно організувати збір логів системи та додатків від різних джерел, нормалізувати лог-дані та їх аналізувати.

Розглянемо питання безпеки даних, які відправляються до Loggly. Відомо, що існує кілька способів для безпечної відправки даних до хмарного сервісу Loggly: механізм доставки для Syslog, який забезпечує безпеку на транспортному рівні (TLS), HTTPS — розширення протоколу HTTP, що підтримує шифрування. Дані, які передаються за протоколом HTTPS, «упаковуються» в криптографічний протокол SSL або TLS.

*Дані зберігаються в центрах обробки даних, які сертифіковані ISO & SOC2. При отриманні даних Loggly, всі взаємодії здійснюються в рамках безпечних сесій (HTTPS), зашифрованих у протокол Secure Sockets Layer (SSL).*

*Тарифи та умови використання хмарного сервісу Loggly.*

Кожна компанія може обрати зручний для себе тарифний план залежно від:

- щоденного обсягу лог-даних, що необхідно обробляти;

- строку зберігання даних.

Для користувачів пропонується чотири тарифних плану: «Lite — Free Forever Plan», «Standard», «Pro», «Enterprise». Детальну інформацію по кожному тарифному плану наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**ТАРИФИ НА ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНОГО СЕРВІСУ LOGGLY**

Назва тарифу	Умови	Щоденний обсяг лог-даних	Строк зберігання даних	Ціна
Lite — Free Forever Plan	Забезпечує централізований збір логів, користування функціями пошуку та фільтрації даних, робочий простір лише для 1 користувача аканту	200 Мб	7 днів	Безкоштовно
Standard	Використання додатків з невеликим об'ємом лог-даних	1 Гб	7 днів	\$49 на місяць
Pro	Використання виробничих додатків із кількома користувачами, великим об'ємом даних і необхідністю періодичного архівації	Від 1 Гб до 100 Гб	Від 15 днів до 90 днів	Від \$109 до \$5100 на місяць
Enterprise	Використання великомасштабних виробничих додатків із розподіленими командами користувачів і вимогами тривалого зберігання даних	Від 150 Гб до 200 Гб	Від 90 днів	Визначається індивідуально з відділом продажів

Тарифний план «Pro» та «Enterprise» дозволяють здійснювати архівацію даних до Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) — он-лайн веб-служба, яка надає можливість зберігання та отримання будь-якого обсягу даних, у будь-який час з будь-якої точки мережі.

Після реєстрації компанії надається безкоштовний 30-денний період користування сервісом Loggly. Протягом цього періоду у користувачів є можливість завантажувати необмежений об'єм лог-даних. Перейшовши до меню Profile — Overview можна побачити графік «Data Volume Usage», який надає інформацію про щоденний обсяг завантажених лог-даних на кожен день безкоштовного періоду користування сервісом. Використовуючи графік, можна визначити потреби компанії щодо обсягу аналізованих даних і відповідно обрати тарифний план.

Отже, підсумуємо та зазначимо переваги використання сервісу Loggly для збору та аналізу даних лог-журналів:

1) збір логів без використання спеціальних агентів, які необхідно додатково встановлювати та оновлювати;

2) автоматизований «парсинг» — розбір подій, тобто можливість автоматичного вилучення окремих полів даних;

3) потужні можливості пошуку: повнотекстовий пошук, пошук за окремими полями, рядами і логічними змінними. Також забезпечується фільтрація даних за полями загальноприйнятих лог-форматів;

4) необмежена кількість збережених пошуків — будь-який контекстний пошук може бути збережений для подальшого використання;

5) функція побудови графіків «Point-and-click»: забезпечує можливість будувати графіки, лінійчаті діаграми, кругові діаграми, діаграми з областями на основі підрахунку сум, середніх, стандартних відхилень, обираючи параметри з випадаючих меню;

6) вбудована функція оповіщень дозволяє отримувати повідомлення на електронну пошту або ж такі чат-сервіси, як HipChat і Slack. Індивідуально регульовані «dashboards», які дозволяють розміщувати результати пошуків і графіків за бажанням користувача;

7) можливість додати необмежену кількість користувачів до власного аканту. Також можна визначити рівні доступу користувачів до журналів;

8) можливість надсилати необмежений об'єм лог-даних під час використання безкоштовної пробної версії;

9) гнучка цінова політика. Кожна компанія може обрати зручний для себе тарифний план залежно від щоденного об'єму аналізованих даних і строку зберігання даних.

**Висновки.** Якщо виявлена за допомогою сервісу Loggly подія інформаційної безпеки ідентифікується системним адміністратором або адміністратором безпеки як інцидент інформаційної безпеки, то дані про цю подію необхідно занести в Журнал інцидентів інформаційної безпеки.

До Журналу необхідно занести наступні дані про інцидент: тип інциденту; механізм реалізації інциденту; джерело загрози (зовнішнє/внутрішнє та тип; якщо джерелом загрози виявився працівник підприємства — вказати його посаду); кількість джерел загрози; активи підприємства, які опинились під загрозою; елементи інформаційної інфраструктури, які опинились під загрозою; тип інформації, яка опинилась під загрозою; властивості інформації, що були порушені; дата та час виявлення інциденту; місце виникнення інциденту; дата та час усунення інциденту; контактна

особа, яка виявила інцидент; контактна особа або служба, що усунула інцидент; заходи для усунення інциденту; примітки.

Далі системний адміністратор або адміністратор безпеки надсилає заявку до Центру інформаційної безпеки, використовуючи електронну пошту. У заявці необхідно вказати: тип інциденту; механізм реалізації інциденту; джерело загрози (зовнішнє/внутрішнє та тип; якщо джерелом загрози виявився працівник підприємства — вказати його посаду); кількість джерел загрози; активи підприємства, що опинились під загрозою; елементи інформаційної інфраструктури, що опинились під загрозою; тип інформації, що опинилась під загрозою; властивості інформації, що були порушені; дата та час виявлення інциденту; місце виникнення інциденту. В темі листа адміністратор вказує назву підприємства та групу, до якої воно відноситься.

### ***Література***

1. Бегун А. В. Аналіз загроз інформації порталу через атаки на додатки // Моделювання та інформаційні системи в економіці. Міжвідомчий наук. збірник. Вип. №80. — К.: КНЕУ, 2009. — С.101–107.
2. Галицин В.К. Системи моніторингу: Монографія. — К.: КНЕУ, 2000. — 231 с.
3. Камінський О.Є. Хмарні технології в парадигмі інформаційної економіки: монографія / О.Є. Камінський. — Київ: КНЕУ, 2018. — 230 с.
4. Biehun A., Ignatova Iu. Estimation the reliability of the elements of cloud services. //Operations Research and Decisions. — Wroclaw: Wroclaw University of Technology, 2017. — Vol. 27(3), — Pg. 65–80.

### ***References***

1. Biehun A. V. Analiz zagroz informaciyi portalu cherez ataky na dodatky [Analysis of portal information threats by attack on applications] // Modelyuvannya ta informacijni systemy v ekonomici. Mizhvidomchij nauk. zbirnyk. Vol. № 80. — K. : KNEU, 2009. — S.101–107: [in Ukrainian].
2. Galicyn V.K. Systemy monitoryngu: Monografiya [Monitoring systems: Monograph]. — K.: KNEU, 2000. — 231 s: [in Ukrainian].
3. Kaminskyj O.Ye. Xmarni texnologiyi v paradygmi informacijnoyi ekonomiky: monografiya [Cloud technologies in the information economy paradigm: monograph] / O.Ye. Kaminskyj. — K.: KNEU, 2018. — 230 s: [in Ukrainian].
4. Biehun A., Ignatova Iu. Ocinka nadijnosti elementiv hmarnyh servisiv [Estimation the reliability of the elements of cloud services] //Operations Research and Decisions. — Wroclaw: Wroclaw University of Technology, 2017. — Vol. 27(3), — Pg. 65–80: [in English].

Статтю подано до редакції 30.10.2018 р.

**Блудова Т.В.**, д.е.н.,  
професор кафедри вищої математики,  
**Островська М.С.**,  
асистент кафедри вищої математики,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет ім. Вадима Гетьмана»

**Bludova Tatiana**, Doctor of Economics,  
professor of Mathematics Department,  
**Ostrovska M.S.**  
assistant of Mathematics Department,  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»

## **МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІЇ ВІДГУКУ РЕКЛАМНИХ ЗВЕРНЕНЬ ЗА УМОВИ ПЕРІОДИЧНОСТІ РЕКЛАМИ В КОРОТКОСТРОКОВОМУ ПЕРІОДІ**

### **MODELING THE FUNCTION OF ADDRESS REFERENCE REFERENCES UNDER CONDITIONS OF PERIODICITY OF ADVERTISING IN A BRIEF SUCCESSFUL PERIOD**

*Анотація. У статті розглянуто основні засоби Інтернет-реклами та їх вибір залежно від цілей підприємства. Показано, що економічна ефективність реклами тісно пов'язана з цілями, які ставляться при проведенні конкретного рекламного заходу, та сумою грошових коштів, які виділяються на її проведення. Тому рекламний захід можна вважати ефективним при виконанні двох умов: відповідність виділених на рекламу засобу поставленої меті; досягнутість поставленої перед рекламним заходом мети. Приведена класифікація можливого характеру поведінки рекламних звернень підприємства. Показано, що інформація є інструментом, за допомогою якого підприємства будують власні ланцюги комунікацій для поєднання свого внутрішнього економічного середовища із зовнішнім. Чим тіснішою є подібна інтеграція, тим вищою є здатність підприємства реагувати на зміни ринків збуту власної продукції та послуг. Обґрунтовано необхідність розрахунку дійсної ефективності засобів реклами в Інтернеті. Доведено, що для реалізації процесу рекламних звернень підприємства, що мають багато різновидів, повинен функціонувати комплекс взаємопов'язаних елементів. Представлено класифікація рекламних звернень підприємства, які є потужним засобом впливу на споживача та вибір засобів Інтернет-реклами залежно від поставлених цілей і завдань підприємства. На етапі оперативного управління проектом рекламної кампанії здійснюється втілення концептуальних положень щодо відбору засобів розповсюдження реклами, вибору конкретних носіїв реклами та визначення раціональної черговості виконання робіт, пов'язаних із проведенням рекламної кампанії. Перелічені в статті заходи, за виключенням графіка виконання робіт рекламної кампанії, повинні розроблятися менеджерами рекламодавця з урахуванням результатів, отриманих на етапах бюджетного планування та оцінювання ефективності рекламної кампанії. Представлена реакція збуту виробів підприємства на протязі часових періодів за умови рівномірного періодичного розмі-*

цення рекламних звернень підприємства. Доведено, що підприємства потребують налагоджених технологій активних продажів своєї продукції через Інтернет. Прояв поточного ефекту від періодичних рекламних звернень підприємства у короткостроковому періоді дає можливість встановити, що функція поточного ефекту від рекламних звернень підприємства періодична і її можна розкласти в ряд Фур'є на відрізок, що дасть можливість моделювання реакцію збуту на рекламні звернення підприємства неперервною функцією.

Ключові слова: засоби Інтернет-реклами, ефективність Інтернет-реклами, рекламний відеук.

*Summary.* The article discusses the main means of Internet advertising and their selection, depending on the goals of the enterprise. It is shown that the cost-effectiveness of advertising is closely related to the goals set for a specific advertising measure, and the amount of money allocated for its implementation. Therefore, an advertising measure can be considered effective when two conditions are fulfilled: the purpose of the medium allocated for advertising purposes; the achievement of the goal set before the promotional measure. The classification of the possible nature of the behavior of advertising appeals of the enterprise is given. It is shown that information is a tool by which enterprises have their own communication chains to combine their internal economic environment with external ones. The closer such integration is, the higher the ability of an enterprise to respond to changes in the markets for the sale of its own products and services. The necessity of calculating the effective efficiency of advertising means on the Internet is substantiated. It is proved that in order to implement the process of advertising appeals of enterprises that have many varieties, a complex of interconnected elements must function. The classification of advertising appeals of the enterprise is presented, which is a powerful means of influencing the consumer and choice of means of Internet advertising depending on the goals and objectives of the enterprise. At the stage of the operational management of the project of the advertising campaign implementation of the conceptual provisions on the selection of means of distribution of advertising, the choice of specific carriers of advertising and determining the rationale for the implementation of work related to the conduct of advertising campaign. The measures listed in this article, with the exception of the timetable for the work of the campaign, must be developed by the advertiser's managers, taking into account the results obtained at the stages of budget planning and evaluating the effectiveness of the advertising campaign. The reaction of sales of products of the enterprise during the period of time is presented, provided the company evenly distributes the advertising appeals periodically. It is proved that companies need well-adjusted technologies for active sales of their products through the Internet. The manifestation of the current effect of the periodic advertising appeals of the enterprise in the short-term period makes it possible to establish that the function of the current effect from the advertising appeals of the enterprise is periodic and it can be decomposed into a Fourier series on a segment that will enable the simulation of the sales response to the advertising appeals of the enterprise by a continuous function.

Key words: means of Internet advertising, the effectiveness of Internet advertising, advertising response.

**Актуальність проблеми.** Рекламні звернення, завдяки засобам масової інформації (ЗМІ), — найдоступніший, хоча і дорогий за ціною, спосіб повідомлення споживача. У ньому можуть бути використані складні візуальні та емоційні засоби. Реклама

здатна створити високий рівень розуміння і сприятливе ставлення до товару або підприємству, однак, вона не дає остаточного імпульсу, необхідного для формування запиту. У табл. 1 приведено класифікацію можливого характеру поведінки рекламних звернень підприємства (рівномірний, зростаючий, спадаючий, різний) залежно від видів розміщення рекламних звернень [1].

Таблиця 1

**ХАРАКТЕР ПОВЕДІНКИ РЕКЛАМНИХ ЗВЕРНЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА**

<i>Рівномірний</i>	<i>Зростаючий</i>	<i>Спадний</i>	<i>Різний</i>
<b>Концентроване розміщення рекламних звернень</b>			
<p>Число рекламних звернень</p> <p>Час</p>	<p>Число рекламних звернень</p> <p>Час</p>	<p>Число рекламних звернень</p> <p>Час</p>	<p>Число рекламних звернень</p> <p>Час</p>
<b>Неперервне розміщення рекламних звернень</b>			
<p>Число рекламних звернень</p> <p>Час</p>	<p>Число рекламних звернень</p> <p>Час</p>	<p>Число рекламних звернень</p> <p>Час</p>	<p>Число рекламних звернень</p> <p>Час</p>

Зауважимо, що рекламні звернення підприємства за умови періодичного розміщення складали комплекс, що включав щити, наклейки, повідомлення в будівельних збірниках, Інтернет-рекламу.

Враховуючи той факт, що WWW-ресурс є основою для просування товарів, найпростіший розрахунок економічної ефективності



сті цього засобу Інтернет-реклами може бути виконаний за формулою [2]:

$$E_p = P - C_p, \quad (1)$$

де  $E_p$  — ефективність реклами;  $P$  — прибуток;  $C_p$  — витрати на рекламу.

Такий підрахунок, однак, не відображає дійсну ефективність рекламного заходу. Економічна ефективність реклами тісно пов'язана з цілями, які ставляться при проведенні конкретного рекламного заходу, та сумою грошових коштів, які виділяються на її проведення. Тому рекламний захід можна вважати ефективним при виконанні двох умов:

- відповідність виділених на рекламу засобу поставленій меті;
- досягнутість поставленої перед рекламним заходом мети.

З нашої точки зору, при розрахунку ефективності рекламної кампанії необхідно враховувати витрати на забезпечення доступу (оплата за WWW, трафік і т. д.), витрати на розробку рекламної кампанії (розробка рекламного звернення та його розміщення, оплата праці співробітників, які проводять рекламну кампанію), кількість рекламних повідомлень фірми, кількість відгуків.

Враховуючи специфіку розміщення оголошень з урахуванням сполучених потреб, ми можемо виразити ефективність розрахунку рекламної кампанії через Інтернет у вигляді такого функціонала за формулою [3]:

$$E_p = F (M_e, M_r, N_{md}, N_{fd}, N_{mk}, N_{fk}), \quad (2)$$

де  $M_e$  — витрати на доступ;

$M_r$  — витрати на розробку;

$N_{md}$  — кількість рекламних повідомлень, розміщених з урахуванням основних потреб;

$N_{fd}$  — кількість відгуків на повідомлення, розміщених з урахуванням основних потреб;

$N_{mk}$  — кількість рекламних повідомлень, розміщених з урахуванням основних потреб;

$N_{fk}$  — кількість відгуків на повідомлення, розміщені з урахуванням сполучених потреб.

Такий підхід дозволяє розрахувати ефективність розміщення рекламних оголошень окремо для оголошень, розміщених з урахуванням основних і сполучених потреб [4]:

$$E_{pd} = F1 (M_e, M_r, N_{md}, N_{fd}),$$

$$E_{pk} = F2 (M_e, M_r, N_{mk}, N_{fk}). \quad (3)$$

У цілому підприємець, що збирається зробити рекламу в Інтернеті, спочатку повинен сам чітко виявити, яких цілей він збирається досягти, на яких споживачів йому краще орієнтуватися, які кошти Інтернет-реклами вибрати і тільки після цього або робити рекламу самому (при наявності кваліфікованого фахівця), або звертатися в спеціалізоване агентство. В цьому контексті оцінка ефективності рекламних звернень засобами Інтернет-реклами являється актуальною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Рекламна діяльність є однією з важливих складових маркетингу, а її дієвість залежить від цілеспрямованості, влучності, врахування особливостей реклами та рекламної аудиторії, ступеня вивчення ринку, вибору засобів рекламування тощо [16]. При всьому різноманітті видів реклами (загальнонаціональна, інституціональна, інформаційна, роз'яснювально-пропагандистська, престижна, нагадувальна, опосередкована, порівняльна, у сфері торгівлі, у місця продажу тощо) узагальнено під концепцією управління рекламною діяльністю розуміється побудова системи прийняття рішень за такими послідовними етапами: дослідження, бюджетне планування, оцінювання ефективності рекламної кампанії, оперативне управління її проектом, моніторинг рекламної діяльності [16]. Згідно з цією концепцією, рекламні дослідження, являючи собою складову маркетингової діяльності, включають такі напрями: вивчення потенційних споживачів, аналіз продукції, що рекламується, аналіз ринків збуту, вивчення рекламних засобів [16].

Дії цього етапу є своєрідними засобами безпеки від невиправданих витрат коштів на рекламу [17]. Обґрунтованість і достовірність результатів рекламних досліджень значною мірою залежить від повноти їх інформаційного забезпечення [15]. Розвиток інформаційних комунікацій як дієвого інструменту у здійсненні ефективної економічної діяльності є підґрунтям до розбудови комунікативної політики підприємств, одним з аспектів якої є формування системи маркетингових комунікацій [14–18].

Інформація є інструментом, за допомогою якого підприємства будують власні ланцюги комунікацій для поєднання свого внутрішнього економічного середовища із зовнішнім. Чим тіснішою є подібна інтеграція, тим вищою є здатність підприємства реагувати на зміни ринків збуту власної продукції та послуг [17, 18].

Стосовно вибору засобів Інтернет-реклами, то їх вибирають з урахуванням специфіки фірми, її цілей і завдань, а також переваг і недоліків кожного окремого засобу [3].

У роботах [2, 4] проаналізовано зворотна дія реклами і її вплив на зростання продажів продукції підприємства. У роботах [5–7] розглянуто відгуки споживачів як їх реакцію на Інтернет-рекламу. Багато дослідників розглядають підвищення продажу продукції підприємства відносно кількості вкладених у рекламу ресурсів [3, 7, 8].

Зауважимо, що при виведенні на ринок інноваційного товару необхідно донести до споживача максимальну інформацію про товар, для чого необхідно реалізувати всі можливості. Після визначення цілей, завдань, цільових сегментів і засобів Інтернет-реклами проводиться рекламна кампанія, за результатами якої необхідно провести розрахунок ефективності.

З основних цілей і завдань підприємства можна виокремити такі [9]:

- 1) створення позитивного іміджу компанії;
- 2) забезпечення доступності інформації;
- 3) виведення на ринок інноваційного товару;
- 4) залучення нових і потенційних клієнтів;
- 5) збільшення продажів.

Ефективність реклами через E-mail дорівнює співвідношенню кількості відгуків на рекламні листи до кількості рекламних повідомлень. Ця ж методика справедлива і для розрахунку ефективності реклами в групах новин.

Взагалі існують три способи ідентифікації унікального користувача [10]: за IP-адресою комп'ютера користувача, за *Cookies*, при обов'язковій реєстрації користувача.

**Метою роботи є** аналіз дійсної ефективності рекламного заходу. Обґрунтовується необхідність розрахунку ефективності розміщення рекламних оголошень в Інтернет-рекламі.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Для реалізації процесу рекламних звернень підприємства повинен функціонувати комплекс взаємопов'язаних елементів. Рекламні звернення мають багато різновидів. Класифікувати їх можна за багатьма ознаками (за цільовою аудиторією; територією, яку вона охоплює; засобами передавання повідомлення; залежно від цілей і завдань тощо) [3, 7, 11].

Рекламні звернення є потужним засобом впливу на споживача, проте вони повинні бути у тісному взаємозв'язку з іншими елементами комплексу маркетингу.

Для визначення ефективності носіїв рекламного звернення беруть такі основні характеристики носіїв, як обсяг реалізації тиражу, коефіцієнт звернення аудиторії тощо, на базі яких розраховується

система показників ефективності рекламних носіїв. Наприклад, розрахунок виокремлення чистої цільової аудиторії при порівнянні кількох носіїв реклами розраховується за формулою Агостіні [10]:

$$\text{Чиста аудиторія} = \frac{A}{\left(K \cdot \frac{D}{A} + 1\right)}, \quad (4)$$

де  $A$  — сума аудиторій носіїв реклами, які аналізуються,

$D$  — сума аудиторій, що перехрещуються, спільних для кожної пари носіїв,

$K$  — константа, значення якої залежить від засобу інформації.

Класифікацію рекламних звернень підприємства на основі висунутих цілей і завдань представлено в табл. 2 [8, 9].

Таблиця 2

**КЛАСИФІКАЦІЯ РЕКЛАМНИХ ЗВЕРНЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА  
НА ОСНОВІ ЦІЛЕЙ І ЗАВДАНЬ**

Вид реклами	Завдання реклами	Коли застосовують
<i>Орієнтована на попит</i>		
Інформативна	- формування у споживача певного рівня знань про товар (послугу); - формування іміджу підприємства	На етапі виведення товару (послуги) на ринок для створення первісного попиту
Переконувальна	- заохочення споживача звернутися за товаром (послугою) саме до цього підприємства; - стимулювання збуту товарів (послуг); - прискорення здійснення купівлі; - намір зробити клієнта постійним споживачем даного товару (послуги)	Особливо важлива на етапі збільшення обсягу надання товарів (послуг), коли перед підприємством може постати завдання сформувати диференційований попит
Нагадувальна	- формування прихильного ставлення до підприємства; - підтримка обізнаності про товар (послугу) на вищому рівні	Особливо важлива на етапі зрілості, щоб нагадати споживачу про товар (послугу)
Підкріплювальна	- запевняє покупців у правильності їхнього вибору	Застосовується на етапі зрілості
<i>Орієнтована на образ (імідж-реклама)</i>		
Галузева	- розробляє та підтримує позитивний імідж галузі; - створює загальний попит	Застосовують для збільшення загальних обсягів продажу
Корпоративна	- розробляє та підтримує позитивний імідж підприємства; - створює селективний попит	Застосовують для збільшення загальних обсягів продажу

Сучасні рекламні технології необхідно розробляти з урахуванням особливостей суб'єктивного сприйняття рекламної інформації в різних регіонах збуту через те, що дійова реклама в одному регіоні може виявитися збитковою в іншому [18, 19]. Врахування цього фактора є одним з основних завдань фахівців з рекламної діяльності [19]. Воно знаходить відображення у відповідних моделях оптимального рекламного планування для різних видів каналів розповсюдження рекламних повідомлень [14, 15].

Пріоритетні напрями використання рекламних засобів приведено в табл. 3 [4, 10, 12].

Таблиця 3

**ОБ'ЄКТИ РЕКЛАМУВАННЯ ЗА КАНАЛАМИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ**

<b>Канали розповсюдження</b>	<b>Об'єкт рекламування</b>
1. Друкована реклама	Практично для всіх видів товарів — промислових товарів та послуг, для товарів широкого вжитку
2. Реклама у пресі	Практично для всіх видів товарів, промислової продукції та послуг: популярні видання використовуються переважно для реклами товарів і послуг широкого вжитку; спеціалізовані видання — для реклами промислової продукції та послуг
3. Реклама на радіо	Для товарів і послуг масового попиту. Ефективна як додатковий захід під час проведення ярмарків і виставок
4. Реклама на телебаченні	Для товарів масового попиту з великими обсягами реалізації, інколи — для промислової продукції
5. Кіно- та відеореклама	Практично для всіх видів товарів. Для товарів масового попиту — короткі рекламні ролики на телебаченні; для реклами промислової продукції та послуг — рекламно-технічні та рекламно-іміджеві фільми
6. Виставки та ярмарки	Для всіх видів товарів і продукції. Товари масового попиту рекламують переважно на загальногалузевих ярмарках, виставках і виставках-продажах, а товари та послуги промислового призначення — на галузевих, спеціалізованих виставках
7. Рекламні сувеніри	Дорогі сувенірні вироби для реклами промислової продукції (послуг); недорогі сувенірні вироби із символікою випускаються у великій кількості для реклами товарів масового попиту
8. Пряма пошто-ва реклама	Переважно для промислової продукції (послуг) з порівняно вузькою цільовою аудиторією
9. Зовнішня реклама	Для товарів масового попиту, а також іміджева реклама фірм — суб'єктів промислового ринку
10. Реклама в Internet	Для промислової продукції (послуг), для товарів масового попиту під час оптової торгівлі, а також як форма прямого маркетингу

На етапі оцінювання ефективності рекламної кампанії реалізуються концептуальні положення управління рекламною діяльністю стосовно зіставлення отриманих результатів з понесеними витратами, а також використання показників ефективності рекламної кампанії як інформаційного підґрунтя оперативного управління процесом її проведення [16, 17].

Визначення ефективності рекламної кампанії необхідно здійснювати з позицій оцінювання впливу окремих рекламних повідомлень на споживачів, ефективності різних засобів реклами при передачі повідомлень і впливу рекламної кампанії на обсяг продажів [14, 15]. Система показників, отримана при такому підході до оцінювання ефективності рекламної кампанії, може успішно використовуватися при прийнятті управлінських рішень як на етапі планування, так і при визначенні якості проведеної кампанії [18, 19].

Важливість проблеми науково обґрунтованого оцінювання ефективності рекламної кампанії обумовлена низкою причин: оцінка ефективності рекламної кампанії дозволяє визначити ступінь її успішності, тобто — наскільки ця кампанія сприяла досягненню поставлених маркетингових і рекламних цілей підприємства; деталізовані показники ефективності є інгредієнтами економіко-математичних моделей, результати реалізації яких забезпечують оптимальне управління процесом рекламування; проблеми ефективності реклами і методів її виміру ще не знайшли свого остаточного вирішення в економічній теорії і практиці і мають дискусійний характер [14, 15, 18, 19].

На рис. 2 представлено реакцію збуту виробів підприємства на протязі 2-х часових періодів 1-го кварталу 2018 р. за умови рівномірного періодичного розміщення рекламних звернень підприємства [3, 4].

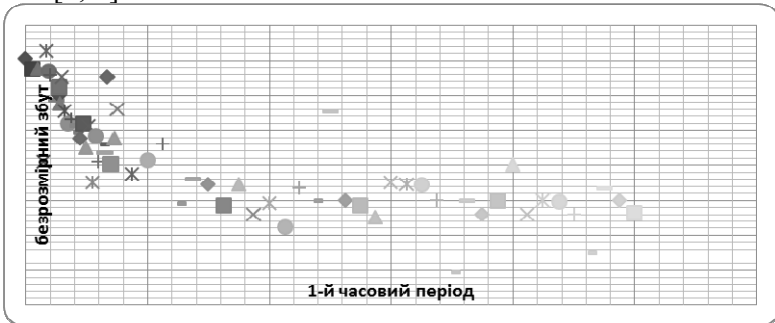


Рис. 2. Реакція на рекламні звернення підприємства протягом 1-го часового періоду

У табл. 4 представлено регресійні рівняння та їх коефіцієнти детермінації на різних інтервалах значень часу протягом першого часового періоду [13].

Таблиця 4

**РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ПОВЕДІНКИ РЕАКЦІЇ ЗБУТУ  
ЗА УМОВИ РІВНОМІРНОГО ПЕРІОДИЧНОГО РОЗМІЩЕННЯ  
РЕКЛАМНИХ ЗВЕРНЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА**

Часовий період	Рівняння регресії на інтервалі значень часу (0; 0,2)	Коефіцієнт детермінації	Рівняння регресії на інтервалі значень часу (0,2; 1)	Коефіцієнт детермінації
1 період	$Y = -0,4075x + 1,0792$	0,8855	$Y = 1 + 0,00027x$	0,9871

На рис. 3 представлено графічну формальну візуалізацію поведінки реакції збуту за умови рівномірного періодичного розміщення рекламних звернень підприємства, враховуючи табл. 6.

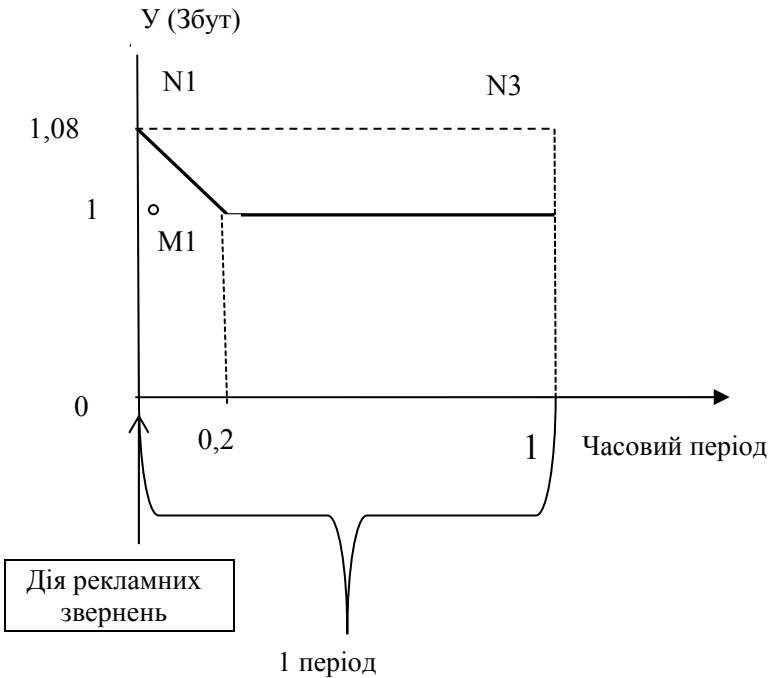


Рис. 3. Візуалізація поведінки реакції збуту на рекламні звернення підприємства на протязі 1-го часового періоду

Така формалізація дає можливість формалізувати задачу рекламних відгуків і представити її аналітичною функцією вигляду:

$$y = \begin{cases} -0,4x + 1,07 & k < x < k + 0,2k, \\ 1, & k + 0,2k < x < k + 1. \end{cases} \quad (5)$$

За умови періодичності повторювальності поведінки реакції збуту на рекламні звернення підприємства на протязі чотирьох часових періодів задля моделювання цієї функції представимо її у вигляді розкладу в ряд Фур'є у такому вигляді:

$$f(x) = 0.208 + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{\sin 0.4n\pi}{n\pi} - \frac{0.8}{(2n\pi)^2} (\cos 0.4n\pi - 1) \right\} \cos(2n\pi x) + \left\{ \frac{-\cos 0.4n\pi}{n\pi} + \frac{1.08}{\pi n} - \frac{0.8}{(2n\pi)^2} \cdot \sin 0.4n\pi \right\} \cdot \sin(2n\pi x). \quad (6)$$

Це дає можливість розвитку моделювання рекламних звернень підприємства, як реакції збуту виробів на періодичні неперервні рекламні звернення протягом певного часового періоду, як прояву поточного ефекту від рекламних звернень.

На етапі оперативного управління проектом рекламної кампанії здійснюється втілення концептуальних положень щодо відбору засобів розповсюдження реклами, вибору конкретних носіїв реклами та визначення раціональної черговості виконання робіт, пов'язаних із проведенням рекламної кампанії [15]. Перелічені заходи, за виключенням графіка виконання робіт рекламної кампанії, повинні розроблятися менеджерами рекламодавця з урахуванням результатів, отриманих на етапах бюджетного планування та оцінювання ефективності рекламної кампанії [15]. Розробка графіка виконання робіт рекламної кампанії, який відіграє головну роль у процесі ефективного управління рекламною кампанією, повинна здійснюватися за критеріями мінімуму часу або витрат з використанням відомих математичних методів — сітьового або календарного планування [16, 19].

Дослідження деяких авторів свідчать про те, що управлінські рішення рекламодавців не завжди є обґрунтованими щодо визначення бюджету, планування, організації та управління процесом рекламування, що часто призводить до значних втрат [14, 16, 18].



Наявність такої ситуації пояснюється недостатністю науково-практичних рекомендацій у цій важливій сфері маркетингової діяльності [14, 16]. Тому під час вирішення практичних завдань рекламування необхідно приділяти значну увагу питанням удосконалення процесу функціонування рекламного бізнесу та ефективного управління ним, зокрема використанню у практичній діяльності основних положень викладеної концепції щодо бюджетного планування, планування рекламного процесу, оцінювання ефективності рекламної кампанії та оперативного управління її проектом [14, 16, 18, 19].

**Висновки.** Таким чином, дослідження показало, що підприємства потребують налагоджених технологій активних продажів своєї продукції через Інтернет. Прояв поточного ефекту від періодичних рекламних звернень підприємства у короткостроковому періоді дає можливість встановити, що функція поточного ефекту від рекламних звернень підприємства періодична і її можна розкласти в ряд Фур'є на відрізок, що дасть можливість моделювання реакцію збуту на рекламні звернення підприємства неперервною функцією.

### **Література**

1. C. Dellarocas and C. Wood. The sound of silence in online feedback: Estimating trading risks in the presence of reporting bias. *Management Science*, 54(3):460476, 2007.
2. W. Dziuda. Strategic Argumentation. *Journal of Economic Theory*, 146(4):13621397, 2011.
3. E. Kamenica and M. Gentzkow. Bayesian Persuasion. *American Economic Review*, 101(October): 25902615, 2011.
4. M. Luca. Reviews, reputation, and revenue: The case of yelp.com. *Harvard Business School Working Paper*, 2012.
5. D. Mayzlin. Promotional chat on the internet. *Marketing Science*, 25(2):155163, 2006.
6. *Блудова Т.В., Магда В.В.* Оптимізація маркетингових витрат фірми // *Вчені записки: збірник наукових праць ДВНЗ „Київський національний економічний університет ім. Вадима Гетьмана”*. — 2009. — №11. — С. 167–174.
7. *Онiстрат О.В.* Процес та етапи розробки програми рекламної діяльності / *О.В. Онiстрат* // *Галицький економічний вісник*. — 2008. — № 4(19). — С. 63–67.
8. Horsky D. An empirical analysis of the optimal advertising policy // *Management Science*. – 23. – 1037-49, June 1977.
9. *Блудова Т.В., Островська М.С.* Моделювання функцій рекламних відгуків за допомогою розкладання в ряди Фур'є / *Міжнародна науково-практична конференція “Актуальні питання економіки, фінансів, об-*

ліку та управління”, 29 вересня 2017 року. в м. Полтава. Центр фінансово-економічних наукових досліджень. — С. 146–148.

10. Kuehn A.A., McGuire T.W., and Weiss D.L., Measuring the effectiveness of advertising, 185–194 in R.M. Haas, ed., Science, Technology and Marketing, American Marketing Association, Chicago, 1966.

11. Bludova Tatiana, Savchuk Natalia. Modeling the economic security of regional external trade flows (IndexCopernicus, Directory of Open Access Journals, ESCI by Web of Science).Baltic Journal of Economic Studies. Vol. 3, No. 5. — December(2017).

12. *Блудова Т.В., Токар В.В.* Моделювання інноваційно-інвестиційної діяльності в контексті економічної безпеки підприємства // Ефективна економіка, 2013. — № 2. Фахове видання. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=1826>

13. *Блудова Т. В.* Теорія ймовірностей : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Т. В. Блудова; ред.: В. С. Мартиненко; НБУ. Львів. банк ін-т. — Л. : ЛБІ НБУ, 2005. — 318 с.

14. *Потапенко С. Д.* Моделювання процесу рекламної діяльності: Автореферат дис. канд. екон. наук: 08.03.02 / С. Д. Потапенко // Київський національний економічний університет. — К., 2004. — 19 с.

15. *Дем'яненко В. В.* Моделювання процесу фінансування рекламних проєктів з урахуванням ризику / В. В. Дем'яненко, С. Д. Потапенко // Маркетинг в Україні. — 2002. — №4. — С. 39–42.

16. *Галицин В.К.* Оптимальне планування процесу розміщення рекламних повідомлень / В.К. Галицин, В.В. Дем'яненко, С.Д. Потапенко // Маркетинг в Україні. — 2008. — № 1. — С. 16–20.

17. *Дем'яненко В.В.* Моделювання процесу розповсюдження рекламних повідомлень засобами Internet / В.В. Дем'яненко, С.Д. Потапенко // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — К.: КНЕУ. — 2006. — Вип. 73. — С. 148–154.

18. *Дем'яненко В.В.* Моделювання рекламних кампаній засобами сітьового планування та управління / В.В. Дем'яненко, С.Д. Потапенко // Маркетинг в Україні. — 2003. — № 1. — С. 34–38.

19. *Дем'яненко В.В.* Оптимізація розподілу бюджету рекламної кампанії для поширення рекламних повідомлень /В.В. Дем'яненко, С.Д. Потапенко // Маркетинг в Україні. — 2003. — № 3. — С. 10–12.

## References

1. C. Dellarocas and C. Wood. The sound of silence in online feedback: Estimating trading risks in the presence of reporting bias. Management Science, 54(3):460476, 2007.

2. W. Dziuda. Strategic Argumentation. Journal of Economic Theory, 146(4):13621397, 2011.

3. E. Kamienica and M. Gentzkow. Bayesian Persuasion. American Economic Review, 101(October): 25902615, 2011.

4. M. Luca. Reviews, reputation, and revenue: The case of yelp.com. Harvard Business School Working Paper, 2012.
5. D. Mayzlin. Promotional chat on the internet. *Marketing Science*, 25(2):155163, 2006.
6. Bludova T.V., Mahda V.V. Optymizatsiia marketynhovykh vytrat firmy // *Vcheni zapysky: zbirnyk naukovykh prats' DVNZ „Kyivs'kyj natsional'nyj ekonomichnyj universytet im. Vadyma Het'mana”*. — 2009. — №11. — s. 167–174.
7. Onistrat O.V. Protsey ta etapy rozrobky prohramy reklamnoi diial'nosti / O.V. Onistrat // *Halyts'kyj ekonomichnyj visnyk*. — 2008. — № 4(19). — S. 63–67.
8. Horsky D. An empirical analysis of the optimal advertising policy, *Management Science*, 23, 1037-49, June 1977.
9. Bludova T.V., Ostrovs'ka M.S. Modeliuvannia funktsij reklamnykh vidhukiv za dopomohoiu rozkladannia v riady Fur'ie. Mizhnarodna nauko-vo-praktychna konferentsiia “Aktual'ni pytannia ekonomiky, finansiv, obliku ta upravlinnia”, 29 veresnia 2017 roku. v m. Poltava. Tsentr finansovo-ekonomichnykh naukovykh doslidzhen'. — S.146–148.
10. Kuehn A.A., McGuire T.W., and Weiss D.L., Measuring the effectiveness of advertising, 185-194 in R.M. Haas, ed., *Science, Technology and Marketing*, American Marketing Association, Chicago, 1966.
11. Bludova Tatiana, Savchuk Natalia. Modeling the economic security of regional external trade flows (IndexCopernicus, Directory of Open Access Journals, ESCI by Web of Science). *Baltic Journal of Economic Studies*. Vol. 3, No. 5. — December(2017).
12. Bludova T.V., Tokar V.V. Modeliuvannia innovatsijno-investytsijnoi diial'nosti v konteksti ekonomichnoi bezpeky pidpriemstva // *Efektivna ekonomika*, 2013. — № 2. Fakhove vydannia. [Elektronnyj resurs] — Rezhym dostupu: <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=1826>
13. Bludova T. V. Teoriia jmovirnostej : Navch. posib. dlia stud. vysch. navch. zakl. / T. V. Bludova; red.: V. S. Martynenko; NBU. L'viv. bank. int. — L. : LBI NBU, 2005. — 318 c.
14. Potapenko S. D. Modeliuvannia protsesu reklamnoi diial'nosti: Avtoreferat dys. kand. ekon. nauk: 08.03.02 / S. D. Potapenko // *Kyivs'kyj natsional'nyj ekonomichnyj universytet*. — K., 2004. — 19 s.
15. Dem'ianenko V. V. Modeliuvannia protsesu finansuvannia reklamnykh proektiv z urakhuvanniam ryzyku / V. V. Dem'ianenko, S. D. Potapenko // *Marketynh v Ukraini*. — 2002. — №4. — S.39–42.
16. Halitsyn V.K. Optymal'ne planuvannia protsesu rozmischennia reklamnykh povidomlen' / V.K. Halitsyn, V.V. Dem'ianenko, S.D. Potapenko // *Marketynh v Ukraini*. — 2008. — № 1. — S. 16–20.
17. Dem'ianenko V.V. Modeliuvannia protsesu rozpovsiudzhennia reklamnykh povidomlen' zasobamy Internet / V.V. Dem'ianenko, S.D. Potapenko // *Modeliuvannia ta informatsijni systemy v ekonomitsi*. — K.: KNEU. — 2006. — Vyp. 73. — S. 148–154.

18. Dem'ianenko V.V. Modeliuvannia reklamnykh kampanij zasobamy sit'ovoho planuvannia ta upravlinnia / V.V. Dem'ianenko, S.D. Potapenko // Marketynh v Ukraini. — 2003. — № 1. — S. 34–38.

19. Dem'ianenko V.V. Optymizatsiia rozpodilu biudzhetu reklamnoi kampanii dlia poshyrennia reklamnykh povidomlen' / V.V. Dem'ianenko, S.D. Potapenko // Marketynh v Ukraini. — 2003. — № 3. — S. 10–12.

Статтю подано до редакції 18.10.2018 р.

УДК 519.615.2

**Бондаренко М.В.**, аспірант

кафедри економіко-математичного моделювання  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет ім. Вадима Гетьмана»

**Бондаренко В.М.**, к.ф.-м.н., доцент,

кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Bondarenko Maksym**, postgraduate

Department of mathematical modeling in economics,  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»

**Bondarenko Victor**, Ph.D, Associate Professor,

Department of Design of Electronic Computational Equipment,  
National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

## **КЛАСИЧНИЙ ТА БІНАРНИЙ ГЕНЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ГЛОБАЛЬНОГО ОПТИМУМУ В ЗАДАЧАХ НЕВИПУКЛОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ**

## **CLASSIC AND BINARY GENETIC ALGORITHMS FOR SEARCHING GLOBAL OPTIMUM IN PROBLEMS OF NONCONVEX OPTIMIZATION**

*Анотація. Розглянуто класичний і бінарний підходи до імплементації генетичного алгоритму оптимізації. Генетичний алгоритм оптимізації дозволяє знаходити глобальний мінімум як випуклих функцій (таких, що мають лише один мінімум), так і функцій, що мають кілька екстремумів. Це дозволяє застосовувати його в погано поставлених задачах, де існує нескінченна множина розв'язків. Окрім того алгоритм не вимагає диференційованості функції в усіх точках і може використовуватись як ефективна альтернатива градієнтному спуску у вирішенні задач, де необхідний розрахунок багатомірних градієнтів. Проведено експериментальне дослідження з порівняння ефективності класичного та бінарного підходів. Експеримент застосовано до двох функцій: квад-*

ратичної функції (випукла функція) та функції Растрігіна (приклад ні випуклої, ні вгуклої функції). До параметрів цих функцій застосовано генетичні оператори селекції (відбору), мутації та схрещення. Після цього для результатуючих параметрів розраховано функцію прийняття, яка перевіряє, чи параметр досі задовольняє умовам задачі. Цільова функція визначає, чи оптимальне рішення знайдено. Для оцінки ефективності двох підходів використано дві міри: середня кількість ітерацій до збіжності та час збіжності (у мілісекундах). Окрім цього ми варіювали коефіцієнт мутації аби знайти таке його значення, за якого дві дані міри мінімізуються. Виявлено, що за зменшення параматера мутації збіжність класичного алгоритму покращується, проте після досягнення ним певного рівня є ризик того, що алгоритм почне розходитись. При цьому не було виявлено явної залежності між збіжністю бінарного алгоритму та параметром мутації, що робить його універсальнішим у використанні. Зроблено висновок, що класичний підхід у рамках даної програмної реалізації є ефективнішим за часом виконання та має вищу точність, хоча і є складнішим в реалізації.

Ключові слова: генетичний алгоритм, оптимізація, стохастична оптимізація, мутація, схрещування, відбір.

*Anotation. Classic and binary approaches to implementation of genetic algorithm of optimization are proposed. Genetic algorithm allows to find a minima of both convex functions (such that have only one minima) and functions that have multiple minimums. Thus it can be applied to ill-posed problems where there is an infinite number of solutions. Moreover the algorithm does not require differentiability of the optimized function and can be used as efficient alternative to gradient descent in problems that require calculation of multi-dimensional gradients. We conducted experimental research in comparison of efficiency of classic and binary approaches. Experiment is applied to two functions: quadratic function (convex) and Rastrigin function (as an example of neither convex nor concave function). Then genetic operators of selection, mutation and crossover are applied to function's parameters. Resulting parameters are then used to calculate the acceptance function that checks if the parameters still satisfy problem's conditions. Cost function is used to check if the optimal solution is found. To compare the efficiency of both approaches we used two measures: average number of iterations to convergence and time of convergence (in milliseconds). We also varied the mutation coefficient to find such its value that minimizes value of both measures. It turned out that decreasing mutation parameter improves convergence of classic algorithm but after reaching certain level it can cause divergence. No correlation between convergence of binary algorithm and mutation parameter was found so binary algorithm turns out to be more generic in use. Concluded that classic approach within current program implementation is more efficient in terms of execution time and has bigger precision despite of being more complex.*

*Keywords: genetic algorithm, optimization, stochastic optimization, mutation, crossover, selection.*

Сьогодні генетичний алгоритм оптимізації, запропонований Джоном Холандом [1], властивості збіжності якого були доведені Рафаелем Серфом [2] і Дель Морелом [3], є одним з найефективніших стохастичних алгоритмів, застосованих до вирішення задач невивуклої оптимізації. Проте, цей класичний алгоритм є досить складним і на практиці часто використовуються більш «натуральні» імплементації, які зокрема характеризуються інтуї-

тивністю поняття схрещування. Підхід до однієї з таких імплементацій був представлений Франком Дістерлом [4] та іншими вченими, проте така «бінарна» імплементація поки не була широко досліджена та формалізована.

Метою цієї роботи є експериментальне дослідження ефективності двох підходів до імплементації генетичного алгоритму на відомих випуклих і невивуклих функціях.

Генетичний алгоритм має ряд переваг перед градієнтними методами:

- не вимагає ані випуклості ані диференційованості цільової функції;
- не потрапляє в пастку «локального» мінімуму для функцій з багатьма екстремумами;
- у випадку оптимізації функції багатьох змінних є швидшим за градієнтний спуск через відсутність необхідності обчислень багатовимірних градієнтів.

**Класичний генетичний алгоритм** — метод стохастичного пошуку, що базується на принципах природного процесу еволюції. Такий пошук відбувається шляхом випадкової еволюції системи частинок (індивідів) та їх адаптації у не обов'язково гомогенному середовищі, представленому як набір цільових функцій [3].

Так найпростіший генетичний алгоритм складається з двох стадій генетичних трансформацій, застосованих до набору частинок:

$$\xi_n = (\xi_n^1 \dots \xi_n^N) \rightarrow \text{Відбір} \rightarrow \hat{\xi}_n = (\hat{\xi}_n^1 \dots \hat{\xi}_n^N) \rightarrow \text{Мутація} \rightarrow \xi_{n+1}$$

де  $N$  — розмір популяції незалежних випадкових частинок  $\xi_n^i \in R^d$  розмірності  $d$  (у цій роботі ми розглядаємо випадок при  $d = 0$ , тобто кожна частинка є дійсним числом, проте в задачах оптимізації функції багатьох змінних  $d$  може бути як завгодно великим числом).

Процедура відбору:

У процедурі відбору кожна з частинок  $\xi_n = (\xi_n^1 \dots \xi_n^N)$  відбирається випадково та незалежно від попередньої конфігурації відповідно до міри Гіббса:

$$G(\xi_n^i) = e^{-V(\xi_n^i)/T_n}, \quad (1)$$

де  $V(\xi_n^i)$  — цільова функція,  $T_n$  — параметр температури (зменшується в процесі проведення ітерацій).

Імовірність того, що  $i$ -ту частинку буде відібрано:

$$P(\xi_n^i = \xi_n^i | \xi_n) = G(\xi_n^i) \quad (2)$$

Якщо  $i$ -ту частинку не відібрано, то на її місце відбирається інша  $j$ -та частинка з імовірністю:

$$P(\xi_n^i = \xi_n^j | \xi_n) = \frac{G(\xi_n^j)}{\sum_{i=1}^N G(\xi_n^i)} \quad (3)$$

Процедура мутації:

Частинки в новій популяції отримуємо таким чином:

$$\xi_{n+1}^i = \begin{cases} \xi_n^i + t(2 \text{ rand}() - 1), & \xi_{n+1}^i \in C \\ \xi_n^i, & \xi_{n+1}^i \in C^c \end{cases} \quad (4)$$

де  $t$  — відносно мале число, що характеризує «амплітуду» мутації частинки,  $\text{rand}()$  — функція, що повертає рівномірно розподілену величину в проміжку  $[0, 1]$ .  $C$  — множина значень  $\xi$ , що задовольняють умовам-обмеженням,  $C^c$  — комплемент множини  $C$ .

Процедури відбору та мутації відбуваються доки цільова функція не буде мінімізована. При цьому параметр температури  $T_n$  зменшуємо після проходження певної кількості ітерацій — це збільшує «тиск відбору» та забезпечує кращу збіжність алгоритма.

**Бінарний генетичний алгоритм** базується на іншому підході, ідея якого — представити кожну частинку  $\xi_n^i \in R^d$  як  $\xi_n^i \in R^{d+1}$  у бінарному вигляді (бінарна 32 або 64-бітна «хромосома» є набором «генів» — бітів). Наприклад у випадку  $d=0$  (частинка є дійсним числом), бінарна частинка матиме розмірність  $d=1$ , тобто буде вектором (рис. 1). У цьому випадку до кожного булівського значення такого вектора застосовуються бінарні генетичні оператори. Такий оператор визначає процес мутації, а ймовірнісний підхід до процедури відбору заміняється відомою технікою «турнірного відбору». Також застосовується оператор схрещування, що в теорії пришвидшує збіжність. Оператор схрещування існує і в класичній теорії, але він є менш інтуїтивним і поступається мутації за важливістю, у той час як у бінарному підході він посідає центральне місце.

Першим кроком є формування популяції частинок (хромосом)  $\xi_0^i$  у 32 або 64-бітній формі залежно від бажаної точності. На рис. 1 представлено 64-бітну форму числа з рухомою комою (знак, експонента та мантиса) [5]:

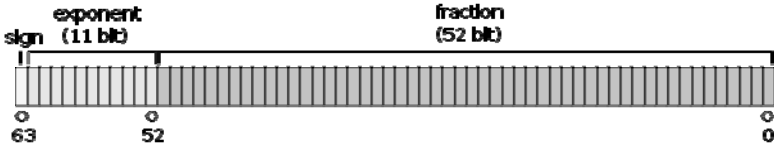


Рис. 1. Частина, представлена у 64-бітній формі

Процедура відбору:

«Турнірний відбір» передбачає повторення  $N$  разів наступної процедури ( $N$  розмір популяції): з усіх частинок відбирається 2 групи по  $m$  частинок, де  $m < N$  — розмір «турнірного пулу»  $P_i(1)$  та  $P_i(2)$ ,  $i \in [1, M]$ . Поміж учасників кожного з двох пулів відбирається найбільш «пристосована» (така, значення цільової функції для якої є найменшим в пулі) частинка  $\xi_n^i(1) = (\inf_{\xi \in P_i(1)} V(\xi))$  та  $\xi_n^i(2) = (\inf_{\xi \in P_i(2)} V(\xi))$ .

Процедура схрещення:

На всіх ітераціях  $i \in [1, M]$  проводимо схрещення шляхом обміну генами між  $\xi_n^i(1)$  та  $\xi_n^i(2)$ . Формально: для кожного біту, індексованого  $b = [1, 64]$ ,  $\xi_n^i[b] = \xi_n^i(1)[b]$  з імовірністю  $\frac{1}{2}$  та відповідно  $\xi_n^i[b] = \xi_n^i(2)[b]$  з імовірністю  $\frac{1}{2}$ . Таким чином, індивід нової популяції набуває кожен ген від одного з відповідних генів батьків. Звісно, якщо в обох батьків  $i$ -ий ген однаковий (рівний 0 або 1), то нова частинка матиме це саме значення з імовірністю 1.

Процедура мутації:

Для кожної частинки  $\xi_n^i$  де  $i \in [1, M]$ , для кожного біту, індексованого  $b = [1, 64]$ , змінюємо його стан  $\xi_n^i[b] = 0$  на  $\xi_n^i[b] = 1$  (та навпаки) з певною імовірністю  $p$ , симулюючи дискретний розподіл імовірностей. Відповідно, з імовірністю  $1 - p$  мутація



гена не відбувається. Таким чином у подібному до біологічної мутації вигляді ми спостерігаємо перепрограмування хромосоми.

Функція прийняття: Очевидно, що випадкова зміна генів у 64-бітній конструкції може викликати те, що отримане число не буде задовольняти умовам. Так само схрещення чи навіть випадкова генерація частинок у бінарному вигляді може викликати появу чисел несумісних з умовами задачі. Для уникнення цього вводиться функція прийняття: При застосуванні кожного бінарного оператора ця функція перевіряє, чи оператор може бути застосований до частинки (чи належатиме значення частинки до множини умов  $S$  після застосування такого оператора).

Саме функція прийняття через велику кількість умов перевірки гарантує збіжність бінарного алгоритму, але в той же час робить його повільнішим порівняно з класичним. Проведемо чисельний експеримент з метою порівняння ефективності обох підходів до імплементації генетичного алгоритму.

Чисельний експеримент проведемо на прикладі типової задачі, що полягає у знаходженні за допомогою двох алгоритмів глобального мінімуму квадратичної (випуклої) функції  $f(x) = x^2 - 6x - 3$  та функції Растрігіна  $f(x) = An + \sum_{i=1}^n [x_i^2 - A \cos(2\pi x_i)]$ , встановивши  $n = 1$ .

Конфігурація класичного алгоритму:  $T_0 = 1000$ ,  $N_{mc} = 2^{14}$  (максимальна кількість ітерацій),  $\xi_0 = (-1 + 2rand(30))5$  — генерація першої популяції з 30 частинок, де функція  $rand(30)$  повертає 30 частинок, що лежать в множині умов  $\xi_0^i \in [-C, C]$  ( $C = 5$ )  $\forall i \in [1, 30]$ .

$\epsilon = 0.001$  — бажана точність. Реальний мінімум параболи лежить в точці  $(3, -12)$ , а функції Растрігіна — в точці  $(0, 0)$   $t$  — амплітуда мутації.

Конфігурація бінарного алгоритму:  $\xi_0 = (-1 + 2rand(30))5$  — генерація першої популяції з 30 частинок, де функція  $rand(30)$  повертає 30 частинок, що лежать у множині умов  $\xi_0^i \in [-C, C]$  ( $C = 5$ )  $\forall i \in [1, 30]$ .

$\epsilon = 0.001$  — бажана точність.  $p$  — параметр мутації.

Чисельні результати: Для кожного алгоритму для всіх значень параметрів проведено по 10 експериментів і вираховано середню кількість ітерацій і середній час, витрачений на ці ітерації. Результати наведено в табл. 1 і 2.

Таблиця 1

## РЕЗУЛЬТАТИ ЗБІЖНОСТІ КЛАСИЧНОГО ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

Тестова Функція	Результати збіжності	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.5$	$p = 0.02$	$p = 0.01$	$p = 0.05$
Квадратична функція	Сер. час збіжності (мс)	6	10	10	90	140	680
	Сер. к-сть ітерацій	7.8	13.7	14.6	203.9	217.2	787.6
Функція Растрігіна	Сер. час збіжності (мс)	40	40	50	130	120	140
	Сер. к-сть ітерацій	62.5	84.4	98.7	204.5	165.1	210.1

Таблиця 2

## РЕЗУЛЬТАТИ ЗБІЖНОСТІ БІНАРНОГО ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

Тестова Функція	Використані генетичні оператори	Результати збіжності	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.5$	$p = 0.02$	$p = 0.01$	$p = 0.005$
Квадратична функція	Тільки Мутація	Сер. час збіжності (мс)	6913	2962	7683	6312	8740	9008
		Сер. к-сть ітерацій	4.11	1.66	5.88	4.66	6.77	7.11
	Тільки Схрещення ( $p = 0$ )	Сер. час збіжності (мс)	5822					
		Сер. к-сть ітерацій	3.33					
	Мутація і схрещення	Сер. час збіжності (мс)	7057	7816	9763	6372	5793	8018
		Сер. к-сть ітерацій	4.44	4.88	6.33	3.88	3.22	5.11
Функція Растрігіна	Тільки Мутація	Сер. час збіжності (мс)	130395	258667	144544	146560	49122	123028
		Сер. к-сть ітерацій	115	229.33	114.33	115	43.66	103
	Тільки Схрещення ( $p = 0$ )	Сер. час збіжності (мс)	68766.78					
		Сер. к-сть ітерацій	59					
	Мутація і схрещення	Сер. час збіжності (мс)	146658	56667	112000	48620	41016	62454
		Сер. к-сть ітерацій	129.3	49	98.33	43.33	38.66	59.66

На рис. 2 і 3 зображено збіжність класичного алгоритму для квадратичної функції та функції Растрігіна відповідно. Для бінарного алгоритму такі рисунки будуть ідентичними.

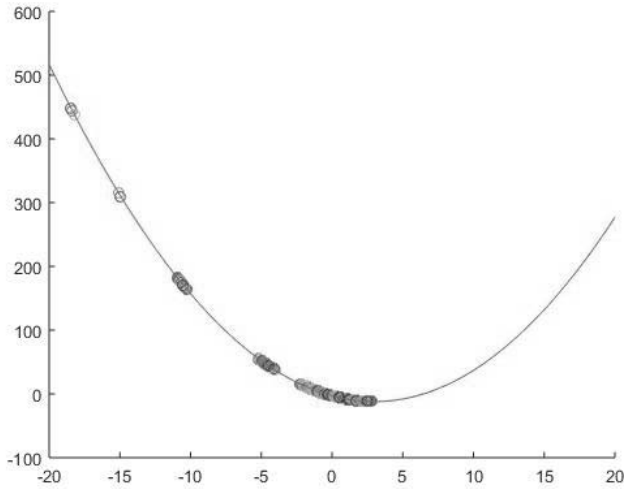


Рис. 2. Збіжність класичного алгоритму (квадратична функція)

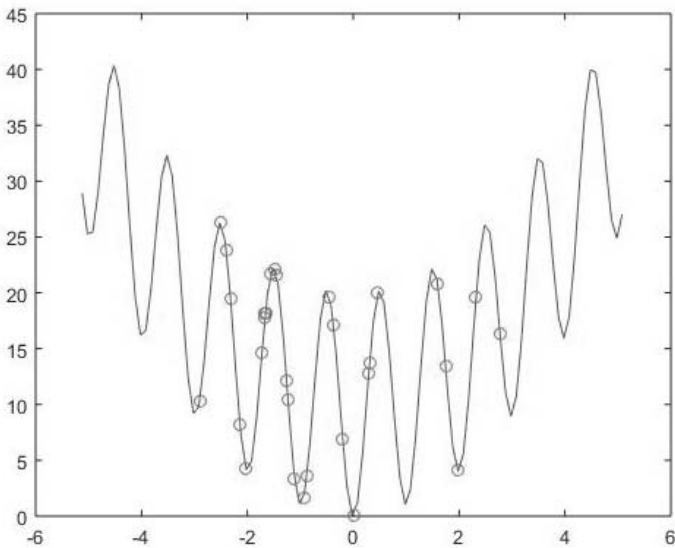


Рис. 3. Збіжність класичного алгоритму (функція Растрігіна)

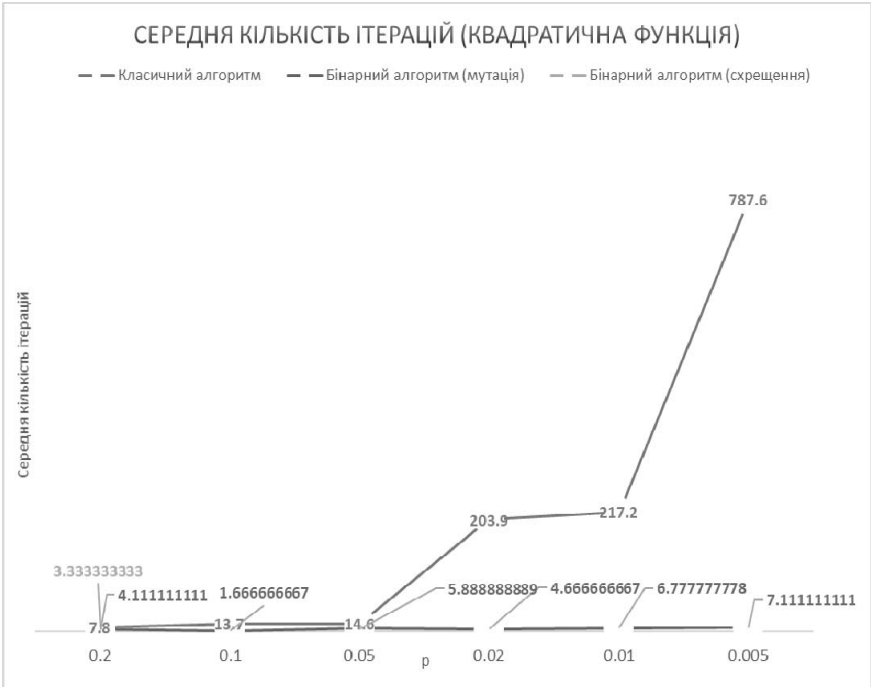


Рис. 4. Середня кількість ітерацій двох алгоритмів (для квадратичної функції)

На рис. 4 зображено результати експерименту. Представлені результати для класичного алгоритму та двох випадків реалізації бінарного алгоритму: бінарний алгоритм з мутацією та без схрещування, бінарний алгоритм зі схрещуванням і без мутації.

Для ясності рисунку вважаємо параметри  $p$  і  $t$  еквівалентними. З отриманих даних робимо такий висновок: збіжність класичного алгоритму залежить від параметра мутації  $t$ , при зменшенні якого збільшується час збіжності (відповідно, знижується ефективність). Варто зазначити, що для випадків з  $t = \{0.02, 0.01, 0.005\}$  збіжність деколи не досягається взагалі. На рис. 5 деталізовано результати збіжності бінарного алгоритму.

## СЕРЕДНЯ КІЛЬКІСТЬ ІТЕРАЦІЙ БІНАРНОГО АЛГОРИТМУ (КВАДРАТИЧНА ФУНКЦІЯ)

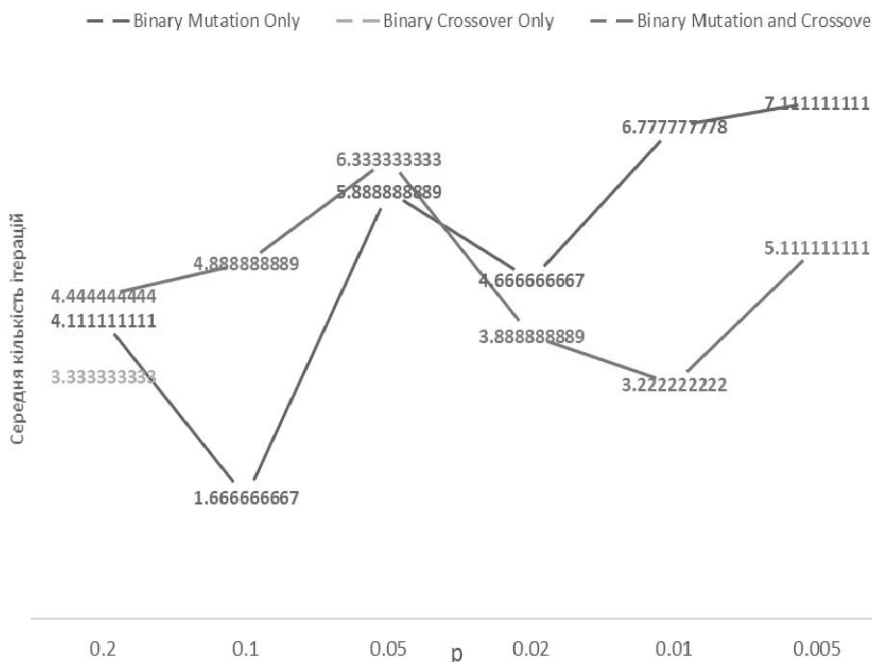


Рис. 5. Середня кількість ітерацій бінарного алгоритму  
(для квадратичної функції)

На рис. 5 розглядаємо виключно бінарний алгоритм. Експериментальні результати було отримано для трьох випадків: бінарний алгоритм з мутацією та без схрещування, бінарний алгоритм зі схрещуванням і без мутації, бінарний алгоритм з мутацією та схрещуванням. З результатів робимо такий висновок: немає явної залежності між кількістю ітерацій до збіжності бінарного алгоритму та параметром мутації  $p$ .

## СЕРЕДНЯ КІЛЬКІСТЬ ІТЕРАЦІЙ ДВОХ АЛГОРИТМІВ (ДЛЯ ФУНКЦІЇ РАСТРИГІНА)

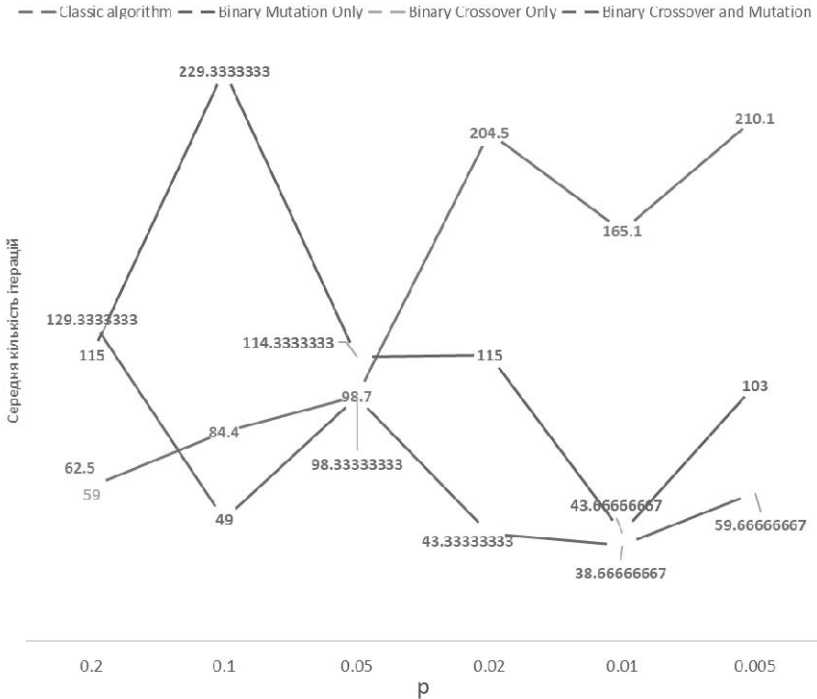


Рис. 6. Середня кількість ітерацій двох алгоритмів  
(для функції Растригіна)

На рис. 6 зображено результати експерименту (кількість ітерацій до збіжності класичного та бінарного алгоритмів для квадратичної функції). При цьому представлені результати для трьох випадків реалізації бінарного алгоритму: бінарний алгоритм з мутацією та без схрещування, бінарний алгоритм зі схрещуванням і без мутації, бінарний алгоритм з мутацією та схрещуванням.

Представлені результати підтверджують висновки щодо класичного та бінарного алгоритмів, отримані в результаті оптимізації квадратичної функції (рис. 4).

З отриманих результатів модельних експериментів можемо зробити такі висновки, які є справедливими для обох функцій:

- генетичний алгоритм дозволяє знайти глобальний оптимум функції, не вимагаючи від неї ані випуклості, ані диференційованості в усіх точках, проте є ефективним і для випадку випуклої функції;

- збіжність класичного алгоритму залежить від параметра мутації  $t$ , при зменшенні якого збільшується час збіжності (відповідно, знижується ефективність алгоритму);

- для випадків з занадто малим  $t$  ( $t = \{0.02, 0.01, 0.005\}$ ) збіжність класичного алгоритму деколи не досягається взагалі;

- немає явної залежності між кількістю ітерацій до збіжності бінарного алгоритму та параметром мутації  $p$ ;

- час виконання однієї ітерації для бінарного алгоритму (за даної програмної реалізації) перевищує такий для класичного.

Повільність бінарного алгоритму зумовлюється масивністю функції прийняття, що значно підвищує його складність. Якщо отримати таку функцію прийняття, із використанням якої складність буде зростати лінійно відносно розміру популяції чи кількості генів у хромосомах, цей алгоритм може виявитись привабливішим за класичний у випадку, коли структура досліджуваної функції вимагає використання  $t < 0.05$ . Як було продемонстровано на рис. 4 та рис. 6, у цьому випадку кількість ітерацій до збіжності класичного алгоритму суттєво зростає.

У цій роботі було продемонстровано, що класичний та бінарний алгоритми здатні знаходити оптимум як випуклих, так і багатоекстремальних функцій, не зупиняючись у локальних мінімумах. Іншою перевагою таких стохастичних алгоритмів є відсутність необхідності рохрахунку багатовимірних градієнтів, що дає відчутний вигравш у швидкості збіжності за умови, що функція має багато змінних. Залежно від структури досліджуваної функції, кількість ітерацій до збіжності класичного генетичного алгоритму залежить від значення параметра мутації, у той час як збіжність бінарного алгоритму не залежить від параметру мутації.

Генетичні алгоритми є потужним інструментарієм для вирішення широкого класу задач пошуку глобального оптимуму різних цільових функцій. Зокрема, генетичні алгоритми широко застосовуються у задачах калібрування моделей на фінансовому ринку, побудованих за технологіями штучного інтелекту.

## **Література**

1. Holland, J.H. *Adaptation in Natural and Artificial Systems* // *Ann Arbor MI: University of Michigan Press, Ann Arbor* (2nd Edition, MIT Press, 1992) — 1976. [Електронний ресурс] — Режим доступу: [www.pdfs.semanticscholar.org/1e21/c514f89375098dec5b947aa5f6bcdd0377c5.pdf](http://www.pdfs.semanticscholar.org/1e21/c514f89375098dec5b947aa5f6bcdd0377c5.pdf)
2. Cerf R. Asymptotic convergence of genetic algorithms // *Advances in Applied Probability* — 1997 — V.30, Iss.2 — P. 521–550.
3. Del Moral P., Miclo L. Asymptotic results for genetic algorithms with applications to non-linear estimation // *Theoretical Aspects of Evolutionary Computing* — 2001 — P. 439–493.
4. Dieterle F. Variable selection by genetic algorithms, 2012. [Електронний ресурс] — Режим доступу: [www.frank-dieterle.de/phd/2\\_8\\_5.html](http://www.frank-dieterle.de/phd/2_8_5.html).
5. Mississippi College. Decimal to Floating-Point Conversions. [Електронний ресурс] — Режим доступу: [www.sandbox.mc.edu/~bennet/cs110/flt/dtof.html](http://www.sandbox.mc.edu/~bennet/cs110/flt/dtof.html).

## **References**

1. Holland, J.H. *Adaptation in Natural and Artificial Systems* // *Ann Arbor MI: University of Michigan Press, Ann Arbor* (2nd Edition, MIT Press, 1992) — 1976. [Elektronnyi resurs] — Rezhym dostupu: [www.pdfs.semanticscholar.org/1e21/c514f89375098dec5b947aa5f6bcdd0377c5.pdf](http://www.pdfs.semanticscholar.org/1e21/c514f89375098dec5b947aa5f6bcdd0377c5.pdf)
2. Cerf R. Asymptotic convergence of genetic algorithms // *Advances in Applied Probability* — 1997 — V.30, Iss.2 — p. 521–550.
3. Del Moral P., Miclo L. Asymptotic results for genetic algorithms with applications to non-linear estimation // *Theoretical Aspects of Evolutionary Computing* — 2001 — p. 439–493.
4. Dieterle F. Variable selection by genetic algorithms, 2012. [Elektronnyi resurs] — Rezhym dostupu: [www.frank-dieterle.de/phd/2\\_8\\_5.html](http://www.frank-dieterle.de/phd/2_8_5.html).
5. Mississippi College. Decimal to Floating-Point Conversions. [Elektronnyi resurs] — Rezhym dostupu: [www.sandbox.mc.edu/~bennet/cs110/flt/dtof.html](http://www.sandbox.mc.edu/~bennet/cs110/flt/dtof.html).

Статтю подано до редакції 22.10.2018 р.



**Борисов Є. М.**, кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри вищої математики,  
**Барвінок А. С.**, аспірант кафедри статистики,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана»

**E. Borysov**, candidate of physical and mathematical  
sciences, associate professor  
of the department of higher mathematics,  
**A. Barvinok**, post-graduate student  
of the Department of Statistics,  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»

## ПРО ОДИН ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ДЕЯКИХ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ

### ABOUT ONE APPROACH TO SOLVING SOME OPTIMIZATION TASKS

*Анотація. Розглянуто та досліджено метод розв'язування оптимізаційних задач без застосування апарату диференціального числення.*

*Задачею оптимізації в математиці називається задача про знаходження екстремума (мінімуму або максимуму) дійсної функції у деякій області. Як правило, розглядаються області, що належать  $R^n$  і задані набором рівностей і нерівностей. Основна ідея диференціального числення складається у вивченні функції у малому. Точніше диференціальне числення дає апарат для дослідження функцій, поведінка яких у досить малому околі кожної точки близька до поведінки лінійної функції чи многочлена.*

*Таким апаратом слугують центральні поняття диференціального числення: похідна і диференціал.*

*Практично показано розв'язання екстремальної економічної задачі, що складається з побудови економіко-математичної моделі, економічного аналізу отриманих результатів і визначення можливостей їх практичного застосування.*

*Ще раз підкреслено, що виходячи з поставлених економічних завдань, максимальний випуск продукції, максимальний прибуток, мінімальні фінансові вкладення, максимально короткий термін — це є шукані оптимуми (максимуми або мінімуми). У математиці максимум і мінімум мають ще одну назву — екстремум, а задачі пошуку екстремуму називають екстремальними задачами. Слід вказати, що у оптимізаційних накладаються відповідні обмеження, які відображаються матеріальними, трудовими показниками, виробничими ресурсами та ін.*

*Економіко-математичні моделі можуть бути призначені для дослідження як різних функціональних складових економіки (виробничо-технологічної, соціальної, територіальної структури), так і його окремих частин. Розглядаються моделі всієї економіки в цілому та її підсистем. А також приведено приклади підготовки інформації та отримання оптимального плану.*

*При цьому використовується дискримінант квадратного та кубічного рівнянь. Розглянуто функції, які зводяться до квадратних або кубічних рівнянь.*

На розглянутих прикладах показано ефективність запропонованого підходу до розв'язання деяких типів задач оптимізації.  
Ключові слова: Задачі оптимізації, квадратні та кубічні рівняння, формули Кардано.

*Abstract. The method of solving optimization problems without the use of the apparatus of differential calculus is considered and investigated.*

*The task of optimization in mathematics is called the problem of finding an extremum (the minimum or maximum) of a real function in a certain region. As a rule, the areas belonging to  $R^n$  and given by a set of equality and inequalities are considered. The basic idea of a differential calculus consists in studying a function in a small one. More precisely, the differential calculus gives the apparatus for studying functions whose behavior in a fairly small neighborhood of each point is close to the behavior of a linear function or polynomial.*

*Such a device is the central concepts of differential calculus: derivative and differential.*

*Practically the solution of an extreme economic problem, consisting of constructing an economic-mathematical model, economic analysis of the results and determining the possibilities of their practical application, is shown.*

*Once again it is emphasized that based on the set economic objectives, the maximum output, maximum profit, minimal financial investments, the shortest possible time — these are the desired optimum (maximums or minima). In mathematics, the maximum and minimum have one more name — extremum, and extreme search problems are called extreme problems. It should be noted that the optimization imposes appropriate restrictions that are reflected in material, labor inputs, productive resources, etc.*

*Economic and mathematical models can be designed to study both the various functional components of the economy (production-technological, social, territorial structure), and its individual parts. The models of the whole economy as a whole and its subsystems are considered. And also examples of information preparation and optimal plan are given.*

*In this case, discriminators of square and cubic equations are used. Functions that are reduced to square or cubic equations are considered.*

*The examples examined show the effectiveness of the proposed approach to solving some types of optimization tasks.*

*Keywords: Optimization tasks, square and cubic equations, Cardano formulas.*

**Вступ.** Пошук реальних оптимальних норм чи показників ефективності економічної діяльності є, як правило, складною задачею і відноситься до екстремальних задач, у яких необхідно визначити максимум чи мінімум (екстремум) функції при визначених обмеженнях. Розв'язування екстремальної економічної задачі складається з побудови економіко-математичної моделі, підготовки інформації, отримання оптимального плану, економічного аналізу отриманих результатів і визначення можливостей їх практичного застосування.

Досить багато прикладних задач зводяться до знаходження найбільшого чи найменшого значення певної величини, тобто до задач на екстремум [1, 2]. При цьому, як правило, для їх розв'язання використовується апарат диференціального числення. Однак відомо, що задачі на пошук оптимального (екстрема-

льного) значення мають давню історію і розглядалися задовго до появи диференціального числення. Задачі на екстремум цікаві ще і тим, що, як правило, мають зв'язки з природою, фізикою, біологією, економікою тощо.

**Мета** даної роботи — розглянути та дослідити способи розв'язування задач на екстремум без застосування апарату диференціального числення.

Приведемо перший приклад рішення задач. Треба відгородити два пасовища у формі прямокутників зі спільною стороною, щоб сума їх площ дорівнювала  $S$ . Знайдіть найменшу можливу довжину огорожі.

Розв'язання. Нехай  $x$  — ширина огорожі, а  $y$  — її довжина. Тоді площа буде  $S = xy$ , а периметр  $P = 3x + 2y = 3x + \frac{2S}{x}$ . Таким

чином, шуканий периметр є функцією від змінної  $x$ :

$P(x) = 3x + \frac{2S}{x}$ . Пошук мінімуму для такої функції без викорис-

тання похідної є складною і нетиповою задачею для учнів школи. Зупинимось на цьому детальніше і спробуємо дослідити алгоритм розв'язання такого типу задач.

Перетворимо останню рівність, помноживши ліву і праву частини на  $x$ , у результаті отримаємо:  $xP = 3x^2 + 2S$  або  $3x^2 - xP + 2S = 0$ . Таким чином, отримали квадратне рівняння, в якому  $P$  є функцією від  $x$  (або параметром). Тоді запитання в задачі набере такої форми: при якому найменшому  $P$  рівняння має розв'язки? Запишемо дискримінант квадратного рівняння  $D = P^2 - 24S$ . Проаналізувавши останню рівність, приходимо до висновку: з усіх можливих (додатних)  $P$  найменше буде  $P^2 = 24S$  (при якому рівняння має розв'язки). Іншими словами, параметр  $P$  набуває свого найменшого значення, коли дискримінант дорівнює нулю. Зауважимо, що саме в даному випадку квадратне рівняння буде мати єдиний розв'язок, що відповідає логічному змісту задачі: якщо серед всіх периметрів огорожі існує найменший, то він має бути єдиним! Отже, математична формула для пошуку найменшого значення у цій задачі набуває такого вигляду  $P^2 - 24S = 0$ . Розв'язавши це рівняння відносно  $P$ , отримаємо:  $P = \sqrt{24S}$ .

Для порівняння розв'яжемо дану задачу, використовуючи похідну функції.

Будемо мати:  $P'(x) = 3 - \frac{2S}{x^2}$ . Тоді  $3 - \frac{2S}{x^2} = 0$ , звідки  $x = \pm \sqrt{\frac{2S}{3}}$ .

Тоді найменший периметр буде  $P\left(\sqrt{\frac{2S}{3}}\right) = 3\sqrt{\frac{2S}{3}} + \frac{2S}{\sqrt{\frac{2S}{3}}} = \sqrt{6S} + \sqrt{6S} = \sqrt{24S}$ .

Таким чином, отримали той самий результат, але перший спосіб дав змогу одразу знайти найменшу довжину огорожі.

У загальному випадку, якщо задача зводиться до пошуку мінімуму або максимуму функції вигляду

$$b(x) = ax + \frac{c}{x}, \quad (1)$$

отримаємо такий вираз для знаходження екстремального значення відповідного параметра (функції):

$$b^2 - 4ac = 0. \quad (2)$$

А вираз для аргументу, при якому функція набуває свого екстремального значення буде

$$x = \frac{b}{2a}. \quad (3)$$

Застосуємо здобутий результат до розв'язування деяких задач на пошук екстремуму.

Аналогічною за змістом є така задача. Ділянка прямокутної форми має площу  $225 \text{ м}^2$ . Яку найменшу кількість матеріалу потрібно використати (у метрах), щоб загородити цю ділянку.

Розв'язання: Позначимо шукані числа через  $x$ ,  $y$  тоді :

$x \cdot y = 225$ ,  $b = 2(x + y)$ , або  $b = 2\left(x + \frac{225}{x}\right)$ . Тоді  $a = 2$ ,  $c = 450$

і відповідно до формули (2) отримаємо:

$$b = \sqrt{4ac} = \sqrt{4 \cdot 2 \cdot 450} = 60 \text{ м}.$$

Наступний тип задач є розповсюдженим у математиці. У півколо радіуса  $R$  см вписано прямокутник найбільшої площі. Знайдіть цю площу.

Розв'язання: Позначимо через  $2x$ ,  $y$  відповідно довжину і ширину даного прямокутника тоді :  $y = \sqrt{R^2 - x^2}$ . Площа прямокутника буде  $S = 2xy$  або  $S = 2x\sqrt{R^2 - x^2}$ . Піднесемо ліву і праву частину останньої рівності до квадрату та зведемо подібні. Будемо

мати:  $4x^4 - 4R^2x^2 + S^2 = 0$ . Отримали бікватратне рівняння. Дискримінант даного квадратного рівняння буде  $D = 16R^4 - 16S^2$ .

Тоді, прирівнявши останній вираз до нуля і розв'язавши відносно невідомого параметра, отримаємо  $S = R^2$ . Отже найбільша площа вписаного у півколо прямокутника дорівнює квадрату радіуса кола.

Цікавим прикладом рішення типових задач є така: у півколо радіуса 6 см вписано прямокутник найбільшого периметра. Знайдіть цей периметр.

Розв'язання: позначимо через  $2x$ ,  $y$  відповідно довжину і ширину даного прямокутника тоді :  
 $P = 4x + 2y = 4x + 2\sqrt{R^2 - x^2} = 4x + 2\sqrt{6^2 - x^2}$ , або  $P - 4x = 2\sqrt{6^2 - x^2}$ .  
 Піднесемо ліву і праву частину останньої рівності до квадрату та зведемо подібні. Будемо мати:  $5x^2 - 2Px + \frac{P^2}{4} - 36 = 0$

Дискримінант даного квадратного рівняння буде  $D = 720 - P^2$ . Прирівнявши до нуля останній вираз, отримаємо:  $P^2 = 720$ . Звідси  $P = 12\sqrt{5}$  см.

Розглянемо ще один тип задач на екстремум, які зводяться до кубічних рівнянь. При цьому покажемо, що підхід до розв'язання має пряму аналогію з методом розв'язання попередніх задач.

Розглянемо кубічне рівняння, що записане в канонічній формі

$$x^3 + px + q = 0 \quad (4)$$

Як буде показано нижче, існує ряд задач на екстремум, які зводяться до такого типу рівнянь. При цьому шуканими величинами будуть виступати параметри (або функції)  $p$  або  $q$ . За аналогією до методу розв'язань попередніх задач, покажемо, що шукані параметри будуть набувати свого екстремального значення у випадку, коли дискримінант кубічного рівняння дорівнюватиме нулю. Скориставшись формулами Кардано, запишемо дискримінант кубічного рівняння  $D = -4p^3 - 27q^2$ . Тоді вираз для знаходження екстремального значення функції ( $p$  або  $q$ ) набуває вигляду:

$$4p^3 + 27q^2 = 0 \quad (5)$$

З формул Кардано відомо, що кубічне рівняння за умови, коли дискримінант дорівнює нулю, має два дійсних корені, один з яких є двократним, а саме:

$$x_1 = -2\sqrt[3]{\frac{q}{2}}, x_{2,3} = \sqrt[3]{\frac{q}{2}}. \quad (6)$$

Покажемо, скориставшись засобами диференціального числення, що за умови, коли дискримінант дорівнює нулю, двократний корінь рівняння і буде шуканим значенням аргументу відповідної функції.

Запишемо рівність (4) у формі  $p(x) = -x^2 - \frac{q}{x}$ . Застосувавши похідну, знайдемо екстремум даної функції  $p'(x) = -2x + \frac{q}{x^2}$ . Тоді  $-2x + \frac{q}{x^2} = 0$  звідси  $x = \sqrt[3]{\frac{q}{2}}$ . Підставивши знайдений корінь у початкову рівність після спрощень отримаємо рівність записану у формі (5)  $4q^3 = -27q^2$ .

Застосуємо рівності (5) і (6) до розв'язання деяких задач на екстремум, що мають прикладне значення.

Наведемо ще один вид математичних задач.

1. Якими повинні бути розміри басейну, що має об'єм  $32 \text{ м}^3$  з квадратним дном і вертикальними стінками, щоб на його облицювання пішло найменше плиток? Знайдіть загальну площу плиток.

Розв'язання. Нехай  $x$  – розмір дна басейну, а  $y$  – його висота. Тоді об'єм басейну буде  $V = x^2y$ , а загальна площа дна і бокових стінок  $S = x^2 + 4xy$ , або  $S = x^2 + 4\frac{V}{x}$ . Таким чином, шукана площа є

функцією від змінної  $x$ . Перетворимо останню рівність, помноживши ліву і праву частини на  $x$ , у результаті отримаємо:  $xS = x^3 + 4V$  або  $x^3 - Sx + 4V = 0$ .

Таким чином, отримали кубічне рівняння, в якому  $S$  є функцією від  $x$  або параметром. Тоді, відповідно до формули (5) маємо  $p = -S$ ,  $q = 4V$ ,  $4S^3 - 27(4V)^2 = 0$ . Розв'язавши це рівняння відносно  $S$ , отримаємо  $S = \sqrt[3]{\frac{27(4V)^2}{4}} = 48 \text{ м}^2$ . За формулою (6) знай-

демо розміри басейну, які в даному випадку будуть 4 м, 4 м, 2 м.

2. Упаковка для соку має форму прямокутного паралелепіпеда об'єму  $V$ . При яких розмірах упаковки на її виготовлення піде найменше матеріалу, якщо відомо, що ширина основи вдвічі менша за довжину?

Розв'язання: Нехай  $x$  – ширина упаковки, а  $y$  – її висота. Тоді довжина буде  $2x$ , а об'єм  $V = 2x^2y$ . Загальна площа поверхні упаковки буде  $S = 2x^2 + 6xy$ , або  $S = 2x^2 + 3\frac{V}{x}$ .

Перетворимо останню рівність, помноживши ліву і праву частини на  $x$ , у результаті отримаємо:  $xS = 2x^3 + 3V$  або  $x^3 - \frac{S}{2}x + \frac{3V}{2} = 0$ . Таким чином, отримали кубічне рівняння, в якому  $S$  є функцією  $x$ . Тоді відповідно до формули (5) маємо:  $p = -\frac{S}{2}, q = \frac{3V}{2}$ . Запишемо дискримінант рівняння  $4\left(\frac{S}{2}\right)^3 - 27\left(\frac{3V}{2}\right)^2 = 0$ .

Розв'язавши це рівняння відносно  $S$ , отримаємо  $S = 6\sqrt[3]{\left(\frac{3V}{4}\right)^2}$ . А розміри упаковки відповідно до (5) будуть такі: ширина  $\sqrt[3]{\frac{3V}{4}}$ , довжина  $2\sqrt[3]{\frac{3V}{4}}$ , висота  $\frac{2}{3}\sqrt[3]{\frac{3V}{4}}$ .

3. Визначити розміри консервної банки циліндричної форми, що має об'єм  $V$ , при яких на її виготовлення піде найменша кількість матеріалу.

Розв'язання: Нехай  $R$  – радіус банки, а  $y$  – її висота. Тоді загальна площа поверхні консервної банки буде  $S = 2\pi R^2 + 2\pi Ry$ , або  $S = 2\pi R^2 + 2\pi R \frac{V}{\pi R^2} = 2\pi R^2 + \frac{2V}{R}$ .

Помноживши ліву і праву частини рівності на  $R$  і спростивши, отримаємо кубічне рівняння, що записане у вигляді (4)  $R^3 - \frac{S}{2\pi}R + \frac{V}{\pi} = 0$ . Тоді в даному випадку будемо мати  $p = -\frac{S}{2\pi}, q = \frac{V}{\pi}$ . Скориставшись формулою (6) запишемо додатній розв'язок рівняння  $R = \sqrt[3]{\frac{V}{2\pi}}$ . Тоді висота консервної банки буде  $y = 2R$ . Отже, висота консервної банки повинна дорівнювати її діаметру.

4. На пароплаві витрати на паливо пропорційні кубові його швидкості. При швидкості 10 км/год витрати на паливо становлять 5 грн на годину. Інші витрати, що не залежать від швидкості, становлять 80 грн. При якій швидкості пароплава загальна

сума витрат на кілометр шляху буде найменшою та яка буде при цьому загальна сума витрат?

Розв'язання: Введемо позначення:  $q$  – витрати,  $S$  – шлях,  $v$  – швидкість. Тоді витрати на одиницю шляху позначимо  $Q = \frac{q}{S}$ .

Відповідно до умови задачі запишемо функцію витрат на одиницю шляху за 1 годину  $Q = 5 \cdot 10^{-3}v^2 + \frac{80}{v}$ . Помноживши ліву і

праву частини рівності на  $v$  і спростивши, отримаємо кубічне рівняння, що записане у вигляді (4)  $v^3 - 200Qv + 16000 = 0$ . Тоді в даному випадку будемо мати  $p = -200Q$ ,  $q = 16000$ . Скориставшись

рівністю (6) запишемо додатній розв'язок рівняння  $v = \sqrt[3]{\frac{16000}{2}} = 20$ . Таким чином, оптимальна швидкість пароплава

буде 20 км/год., а загальні витрати становитимуть 120 грн за годину.

**Висновок:** Розглянутий у роботі спосіб розв'язування задач на екстремум не тільки дозволяє розширити масив практичних задач, посиливши прикладну спрямованість курсу математики, а й збагатити студентів новими підходами до розв'язування таких задач.

## Література

1. Борисов Є. М. Способи розв'язання задач на екстремум / Є.М. Борисов, Н.В. Кугай // Математика в сучасній школі. — 2013. — № 9. — С. 25–28.
2. Манжос Т. В. Оптимізація управління запасами підприємства з урахуванням ризику / Манжос Т. В., Луцишина Ж. В. // Вчені записки. — 2013. — № 15. — С. 183–187.

## References

1. Borysov Ye. M. Sposoby rozv'iazannia zadach na ekstremum: Matematyka v suchasnij shkoli // Ye.M. Borysov N.V. Kuhaj — 2013. — № 9. — S. 25–28.
2. Manzhos T. V. Optyimizatsiia upravlinnia zapasamy pidpriemstva z urakhuvanniam ryzyku: Vcheni zapysky // Manzhos T. V., Lutsyshyna Zh. V. — 2013. — № 15. — S. 183–187.

Статтю подано до редакції 12.10.2018 р.



**Великоіваненко Г. І.**, к.ф.-м.н.,  
професор кафедри економіко-математичного моделювання,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана»  
**Бесчастна Г. О.**, консультант,  
Світовий Банк

**Halyna Velykoivanenko**  
PhD (Physics and Mathematical Sciences)  
Professor of economic and mathematic department  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»  
**Galyna Beschastna**  
Consultant,  
World Bank

## **АНАЛІЗ РІВНЯ СТІЙКОСТІ ТА ВИЗНАЧЕННЯ РЕЙТИНГІВ СТРАХОВИХ КОМПАНІЙ УКРАЇНИ**

### **ANALYSIS OF THE STABILITY AND RATING OF UKRAINIAN INSURANCE COMPANIES**

*Анотація. У статті наведено результати дослідження у сфері визначення рівня стійкості страхових компаній України та їх рейтингування на засадах економіко-математичного моделювання.*

*Аналіз існуючих підходів виявив, що застосування методик, які традиційно використовуються провідними рейтинговими агенціями та фінансовими установами, для оцінки страхових компаній, що діють у динамічно змінюваному фінансовому ринку України, є майже неможливим.*

*Тому авторами запропоновано основні етапи визначення рівня стійкості компаній на базі підсумкового інтегрального показника стійкості та розвитку страховиків з метою подальшого їх рейтингування. Також представлено два підходи, що базуються як на класичних експертних та економіетричних методах, так і на принципах нейро-нечіткого моделювання, та проведено їх порівняльний аналіз. Розроблені у роботі підходи дозволяють розподілити страховиків на кластери за рівнем їх ефективності та провести аналіз положення на ринку фінансових послуг відносно інших його учасників, беручи до уваги як якісні, так і кількісні показники їх роботи.*

*Апробація побудованих моделей була проведена на історичних даних щодо діяльності страховиків України протягом 2008–2017 рр. у показала, що найадекватніші результати отримано в результаті поєднання карт самоорганізації Кохонена, принципів нечіткої логіки та експертних методів. Цей підхід дозволив не просто розділити страховиків на групи у кожен період часу, а й адекватно відобразити динаміку роботи компаній, що діють в українському страховому полі та їх місце на ринку відносно інших його учасників.*

*Ключові слова: Страхові компанії, карти самоорганізації Кохонена, нечітка логіка, економіетричні методи, експертні методи.*

*Abstract. The article contains the results of research in determining the level of sustainability and rating of insurance companies in Ukraine based on economic and mathematic modeling.*

*Analysis of existing approaches has shown that it is almost impossible to use the traditional techniques of leading rating agencies and financial institutions for evaluating insurance companies, which operates in the dynamic financial market of Ukraine.*

*That is why the authors have proposed the main stages of determining the sustainability level of companies based on the final integral indicator of sustainability and development of insurers, as well as their rating. Two approaches, which are based both on classical expert and econometric methods and on the principles of neuro-fuzzy modeling, as well as their comparative analysis are presented in this publication. These approaches allow classifying insurers in accordance with their level of efficiency and conducting an analysis of their position in the financial market in comparison with other participants, taking into account both qualitative and quantitative indicators of their work.*

*Testing of the models was made based on the historical data of insurers' activities during 2008-2017. It showed that the most adequate results were obtained as a result of a combination of Kohonen's self-organization maps, principles of fuzzy logic and expert methods. This approach allow not only to divide insurers into groups in each particular period, but also adequately reflected the dynamics of the companies operating in the Ukrainian insurance field and their place in the market in comparison with other participants.*

*Key words: Insurance companies, Kohonen's self-organizing map, fuzzy logic, econometric methods, expert methods.*

**Вступ.** На сьогодні при виборі страхових компаній як фізичні, так і юридичні особи, зазвичай, керуються або власними міркуваннями щодо їх ефективності та стабільності, або наявності залежності ресурсної бази страховика від керівництва банку. Відповідно до інформації, оприлюдненої на сайті Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг [1], кількість страхових компаній протягом останніх п'яти років невпинно скорочується. У той же час кількість скарг, які надходять до Комісії щодо недобросовісної конкуренції та численних порушень з боку страховиків, навпаки, невпинно зростає. Ще одним вразливим місцем українського страхового ринку є той факт, що більшості страховиків притаманний високий рівень кептивності, про що свідчить незбалансованість їхніх портфелів. Наприклад, той факт, що для такого виду страхової діяльності, як страхування кредитів, обсяг виплат стабільно перевищує обсяг премій, може слугувати свідченням високого рівня залежності (у тому числі від комерційних банків і фінансово-промислових груп, з якими вони співпрацюють) та непрозорості страхової діяльності. За таких обставин виникає небезпека підвищення рівня ризиків, пов'язаних з відбором ненадійних страхових партнерів. Це свідчить про актуальність проведення наукового дослідження у напрямі розроблення методології, математичних моделей і на їх основі автоматизованої системи відбору та класифікації страхових компаній, що дозволили б оцінити стійкість страховиків відносно наявних тенденцій українського фінансового ринку.

**Постановка проблеми.** Застосування методик, які традиційно використовуються провідними рейтинговими агенціями для оцінювання компаній, що діють у недосконалому страховому полі України, є майже неможливим. Більшість класичних економіко-математичних моделей на практиці не дають можливості поєднання сценарних розрахунків із урахуванням якісних факторів та експертних знань у предметній області для вирішення задачі оцінювання стійкості суб'єкта фінансового ринку, водночас забезпечуючи можливість оптимізації параметрів моделі на реальних даних. Тому особливий інтерес викликає розроблений авторами підхід до оцінювання стійкості страхових компаній як страхового партнера комерційного банку, на підґрунті методів нейронечіткого моделювання у поєднанні з експертними.

**Викладення основного змісту.** Задля наочного представлення процесу рейтингового оцінювання страхових компаній на рис. 1 представлено ієрархічну модель, яка складається з трьох основних рівнів.



Рис. 1. Ієрархічна модель рейтингування страхових компаній

*Третій рівень ієрархії.* Аналізу виключно наявних кількісних показників роботи страхових компаній не достатньо для повного розуміння всієї складності контексту, в якому вони функціонують, та об'єктивного оцінювання їхньої роботи. Ще одним викликом перед авторами є неоднорідність вхідних даних і відсутність чіткого законодавчого регулювання процесу оприлюднення

основних результатів роботи суб'єктів страхового ринку. Зважаючи на це, украй важливим є врахування як якісних, так і кількісних характеристик роботи страховика.

Беручи до уваги неоднорідність показників роботи страхових компаній і необхідність підвищення рівня об'єктивності аналізу роботи страховиків, розроблений авторами підхід до рейтингування страхових компаній базується на таких сучасних методах економіко-математичного моделювання, як нейронні мережі та нечітка логіка.

*Другий рівень ієрархії.* На даному етапі необхідно визначити класи, до яких потрапив кожен страховик у різні періоди часу та підставі експертних суджень. Набір інформативних показників якісного характеру спочатку обробляється на підґрунті експертних методів, а надалі отримані експертні оцінки аналізуються на засадах нечіткого моделювання для визначення класу, до якого потрапив кожен страховик.

Для аналізу кількісних показників роботи страхових компаній за визначений період часу математичною основою є штучна нейронна мережа на основі карт самоорганізації Кохонена, яка дозволяє отримати кластери однорідних об'єктів дослідження.

*Перший рівень ієрархії.* Враховуючи результати попередніх розрахунків, на даному етапі для кожного із страховиків, що аналізується, розраховується підсумкового інтегральний показник стійкості та розвитку, на базі якого визначаються рейтингові оцінки страхових компаній.

Для формалізації підходу до процесу оцінювання стійкості та рейтингування страхових компаній необхідно сформуванню початкову базу інформативних показників як якісного, так і кількісного характеру.

Можна припустити, що рівень стійкості страхових компаній відображає їх місце на страховому ринку і віддзеркалюється в інтегральному показнику стійкості та розвитку.

Задача дослідження полягає у такому: на підставі  $z$  показників діяльності  $p$  страхових компаній протягом  $m$  періодів часу необхідно сформуванню рейтингові оцінки, які будуть адекватно відображати функціонування кожної компанії відносно інших у нестационарному середовищі українського страхового сектору, та проаналізувати динаміку їхньої роботи.

Для визначення підсумкового інтегрального показника стійкості та розвитку  $O_k$  для кожного страховика  $I_k$ , де  $k = \overline{1, p}$ , а також подальшого їх рейтингування на його базі необхідно:

- визначити основні стратегічні напрямки розвитку страхового ринку України, тобто визначити кластери  $S = \{s_w\}$ ;  $w = \overline{1, g}$ ;  $g \leq p$ , та надати їм лінгвістичну оцінку;

- сформуувати набір інформативних показників кількісного характеру за  $z_n$  показниками протягом  $m$  періодів для  $p$  страховиків, тобто множину матриць  $A_i$ , де  $A_i = \{a_{ijk}\}$ ;  $i = \overline{1, m}$ ;  $j = \overline{1, z_n}$ ;  $k = \overline{1, p}$ ;

- для кожного  $i$ -го періоду, що аналізуються, розподілити страховиків за  $g$  кластерами на основі матриці  $A_i$ , де  $i = \overline{1, m}$ ;

- сформуувати матрицю  $Q$  підсумкових суб'єктивних оцінок експертів кожної  $k$ -ої страхової компанії ( $k = \overline{1, p}$ ) за  $z_q$  якісними показниками їх діяльності, де  $Q = \{q_{jk}\}$ ;  $j = \overline{1, z_q}$ ;  $k = \overline{1, p}$ ;  $z_q = z - z_n$ ;

- розподілити страховиків за  $g$  кластерами, спираючись на суб'єктивні оцінки експертів, попередньо занесених у матрицю  $Q$ .

Основні етапи оцінювання рівня стійкості та рейтингування страхових компаній зображено на рис. 2, враховуючи показники їх діяльності як якісного, так і кількісного характеру.

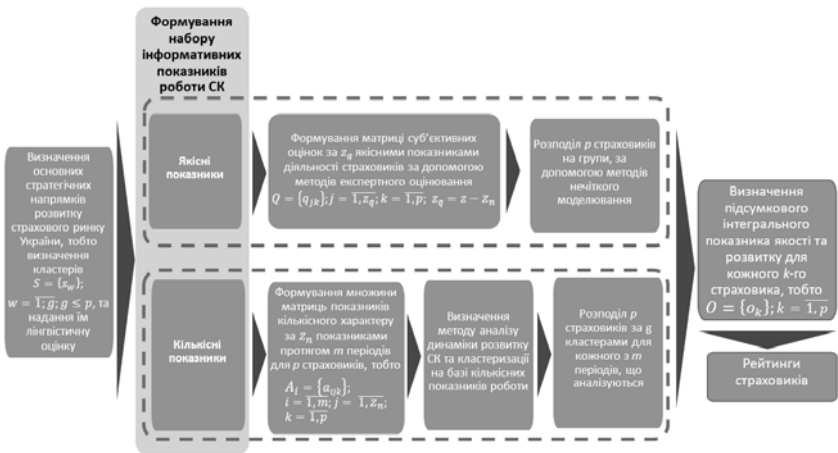


Рис. 2. Етапи аналізу стійкості та рейтингування страхових компаній

При аналізі діяльності страховика до уваги слід брати як кількісні, так і якісні характеристики. Однак, унаслідок того, що якісні показники оцінюються експертами, а, отже, характеризуються певною мірою суб'єктивізму, виникає необхідність у розробці спеціального підходу, який дозволить знизити його рівень і врахувати дані характеристики у прийнятті рішень.

Авторами була розроблена концепція аналізу стійкості та визначення рейтингових оцінок компаній, що діють в українському страховому полі, яка дозволяє врахувати якісні та кількісні показники і складається з чотирьох основних етапів.

Для порівняння отриманих результатів з існуючими методиками провідних рейтингових агенцій і фінансових установ, що поводять подібний аналіз, доцільно розподілити всі страхові компанії України на три різні за розмірами та складом учасників кластери:

- А — страхові компанії з високою ефективністю;
- В — страхові компанії з середньою ефективністю;
- С — страхові компанії з низькою ефективністю.

Розглянемо процес оцінювання стійкості та визначення рейтингових оцінок страхових компаній, що діють в українському страховому полі, із застосуванням різноманітного інструментарію: самоорганізуючих карт Кохонена, нечіткої логіки, експертних методів, а також класичних статистичних та економетричних методів, та визначимо підхід, який дає найадекватніші результати. Аналіз рівня стійкості та рейтингування українських страхових компаній проводиться на основі множини вхідних змінних як кількісного, так і якісного характеру. Вихідною змінною є підсумковий інтегральний показник стійкості та розвитку для кожного страховика  $I_k$ , тобто  $O_k$ , де  $k=1, p$ .

Апробацію запропонованого підходу до оцінювання стійкості та рейтингування страхових компаній було проведено на даних щодо діяльності страхових компаній, які працювали в Україні протягом десяти років (2008–2017 рр.), тобто  $m=10$ . Інформаційна база була сформована на основі даних, представлених на сайті журналу «Insurance Top» [3] і наданих банком «Кредит-Дніпро», а також за результатами оцінювання групи експертів, проведеної на базі Комітету з питань фінансової політики і банківської діяльності Верховної Ради України.

До найпоширеніших якісних оцінок діяльності страхових компаній слід віднести: структуру клієнтської бази, якість мене-

джменту компанії, стратегію страховика, рівень кептивності, надійність власників, імідж і бренд компанії, динаміку зміни складу власників, динаміку розвитку філіальної мережі та рівень географічної диверсифікованості діяльності.

За допомогою підходу експертного оцінювання рівня стійкості страхових компаній на базі якісних показників, представлений у роботі [2], було визначено підсумкову оцінку цих характеристик, переведену у кількісну форму для можливості їхнього урахування у процесі оцінювання рівня стійкості страхових компаній. Результати розрахунку наведено у табл. 1.

*Таблиця 1*

**ЕКСПЕРТНІ ОЦІНКИ СУБ'ЄКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ДІЯЛЬНОСТІ СТРАХОВИХ КОМПАНІЙ В УКРАЇНІ**

Назва компанії	Структура клієнтської бази	Якість менеджменту компанії	Стратегія ек	Рівень кептивності	...	Рівень геогр. диверсифікованості діяльності
АХА СТРАХОВАНИЕ	96.4	99.7	94.5	43.5	...	98.9
КРЕМЕНЬ	73.0	83.7	71.2	74.5	...	71.9
ЗАХИД-РЕЗЕРВ	31.9	61.5	45.8	49.3	...	40.2
АСКА	71.5	89.8	65.9	65.6	...	73.5
АЛЬФА СТРАХОВАНИЕ	98.7	79.6	93.7	70.4	...	95.5
ВУСО	64.4	74.7	59.5	65.0	...	57.9
...	...	...	...	...	...	...
ТАС СГ	95.1	99.9	78.4	97.7	...	86.4

Аналіз експертних оцінок зазначених характеристик проводиться за допомогою спеціального програмного пакету, що спеціалізується на нечіткому моделюванні, fuzzyTECH 8.4, в якому було сформовано єдину систему нечіткого виводу. Для кожної вхідної змінної було визначено терм-множину значень, кожен терм якої задано відповідною функцією належності (рис. 3).

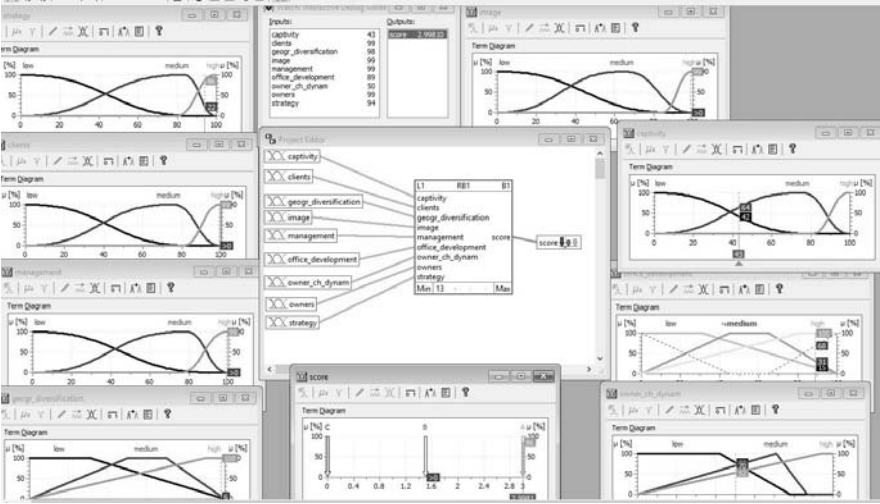


Рис. 3. Функції належності для якісних характеристик діяльності на прикладі компанії «АХА СТРАХУВАННЯ»

Також була сформована нечітка база правил, яка є формальним представленням емпіричних знань експерта щодо даної проблемної області. Фрагмент побудованої нечіткої бази правил зображено на рис. 4.

Δ   captivity,medium	Δ   clients,medium	Δ   geog_diversification,high	Δ   image,high	Δ   management,high	Δ   office_development,high	Δ   owner_ch_dynam,low	Δ   owners,high	Δ   strategy,high	⇒   score,1
Δ   clients,high	Δ   geog_diversification,high	Δ   image,high	Δ   management,high	Δ   office_development,high		Δ   owners,high	Δ   strategy,high	⇒   score,1	
Δ   clients,medium	Δ   geog_diversification,high	Δ   image,high	Δ   management,high	Δ   office_development,high		Δ   owners,high	Δ   strategy,high	⇒   score,1	
Δ   captivity,low	Δ   clients,medium	Δ   geog_diversification,high	Δ   image,medium	Δ   management,high	Δ   office_development,medium	Δ   owner_ch_dynam,low	Δ   owners,medium	Δ   strategy,medium	⇒   score,2
Δ   captivity,high	Δ   clients,high	Δ   geog_diversification,high	Δ   image,high	Δ   management,high	Δ   office_development,high	Δ   owner_ch_dynam,low	Δ   owners,medium	Δ   strategy,medium	⇒   score,2
Δ   clients,medium	Δ   geog_diversification,high	Δ   image,high	Δ   management,high	Δ   office_development,high		Δ   owners,medium	Δ   strategy,high	⇒   score,2	
Δ   clients,high	Δ   geog_diversification,high	Δ   image,medium	Δ   management,medium	Δ   office_development,medium		Δ   owners,medium	Δ   strategy,high	⇒   score,2	
Δ   captivity,high	Δ   clients,low	Δ   geog_diversification,low		Δ   office_development,low		Δ   owner_ch_dynam,high	Δ   owners,low	⇒   score,3	
Δ   captivity,medium	Δ   clients,low	Δ   geog_diversification,low		Δ   office_development,low		Δ   owner_ch_dynam,high	Δ   owners,low	⇒   score,3	
Δ   clients,low	Δ   geog_diversification,low	Δ   image,low		Δ   office_development,low		Δ   owner_ch_dynam,high	Δ   owners,low	⇒   score,3	
Δ   captivity,medium	Δ   clients,medium	Δ   image,high	Δ   management,medium	Δ   office_development,medium		Δ   owner_ch_dynam,low	Δ   owners,medium	Δ   strategy,low	⇒   score,4
Δ   captivity,low	Δ   clients,high	Δ   geog_diversification,high	Δ   image,high	Δ   management,high	Δ   office_development,high	Δ   owner_ch_dynam,low	Δ   owners,high	Δ   strategy,high	⇒   score,4
Δ   captivity,high	Δ   clients,low	Δ   geog_diversification,low	Δ   image,low	Δ   management,low	Δ   office_development,low	Δ   owner_ch_dynam,high	Δ   owners,low	Δ   strategy,low	⇒   score,4

Рис. 4. Фрагмент нечіткої бази правил для визначення класу страховика

На рис. 5 представлено тривимірну поверхню, за допомогою якої можна дослідити вплив рівня кептивності та оцінки клієнтської бази на визначення рівня стійкості страховика експертною групою.



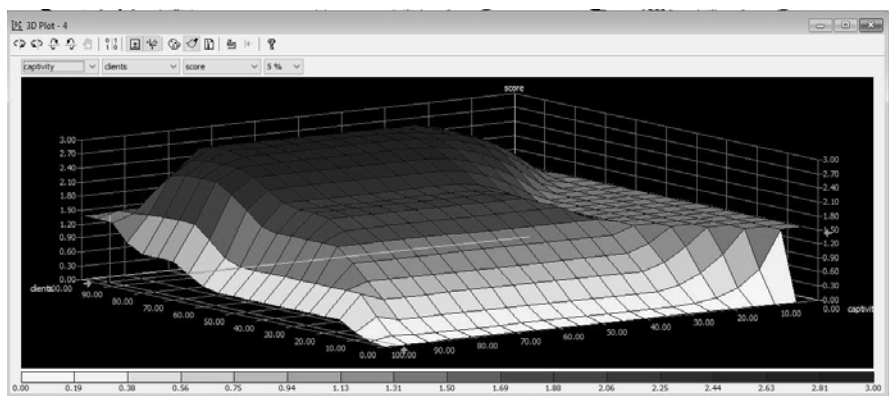


Рис. 5. Визначення рівня стійкості страхової компанії «АХА СТРАХУВАННЯ»

У результаті проведених розрахунків за побудованою нечіткою моделлю, для кожного страховика був визначений клас стійкості відповідно до експертних оцінок якісних характеристик його роботи: найефективніші компанії потрапили до групи А, а середньо- і низькоефективні до груп В і С, відповідно.

Для оцінювання кількісних показників роботи страхових компаній у період 2008–2017 рр., представлених на сайті Insurance Top [3], було сформовано базу з семи основних інформативних показників кількісного характеру, які були занесені до множини матриць  $A_i = \{a_{ijk}\}$ ;  $i = \overline{1, m}$ ;  $j = \overline{1, z_n}$ ;  $k = \overline{1, p}$ , де  $z_n = 7$  — кількість показників,  $m = 10$  — кількість періодів, що оцінюються,  $p$  — кількість страховиків, а саме:

- $a_{i1k}$  — власний капітал (тис. грн);
- $a_{i2k}$  — активи (тис. грн);
- $a_{i3k}$  — страхові премії (тис. грн);
- $a_{i4k}$  — гарантійний фонд (тис. грн);
- $a_{i5k}$  — страхові виплати (тис. грн);
- $a_{i6k}$  — резерви (тис. грн);
- $a_{i7k}$  — вихідне перестраховування (тис. грн).

Для подальшої обробки множини матриць кількісних показників  $A_i$  було розроблено та проаналізовано два підходи:

1) аналіз та обробка множини матриць  $A_i$ , яка характеризує діяльність  $p$  страхових компаній на фінансовому ринку протягом

m періодів за  $z_n$  різними показниками, з використанням методів головних компонент та кластеризація страховиків;

2) побудова карт самоорганізації (self-organizing maps — SOM) Кохонена та розбиття страхових компаній на кластери.

Перший підхід передбачає поєднання методів факторного аналізу та кластеризації. Зокрема, застосування такого методу факторного аналізу, як метод головних компонент, дозволяє, спираючись на матрицю кореляції або коваріацій, виокремити лінійні комбінації випадкових величин, які мають максимально можливу дисперсію [4]. У результаті процес подальшого аналізу буде спиратися не на  $z_n$  вхідних змінних, а на  $r$  виокремлених факторів, де  $r < z_n$ . Далі, було застосовано методи кластерного аналізу, які дозволяють розбити сукупність спостережень на групи схожих між собою об'єктів, тобто кластери.

У програмному пакеті SPSS авторами було проведено кластеризацію методами ближнього сусіда, дальнього сусіда,  $k$ -середніх і Варда. Однак, найоднорідніші групи було отримано із застосуванням такого ієрархічного агломератного методу, як метод Варда, у результаті якого утворюються кластери з мінімальною внутрішньокласовою варіацією [5].

Кластеризацію за другим підходом було проведено із застосуванням програмного пакету ViscoverySOMine5, за допомогою якого з матриці вхідних даних для кожного періоду часу сформовано окрему карту, на основі якої проводиться кластеризація страхових компаній. Усі страховики України групуються у три різні за розмірами та складом учасників кластери, яким на картах самоорганізації відповідають окремі області.

У програмному пакеті ViscoverySOMine5 карти Кохонена будуються таким чином, що кожній компанії на карті відповідає певна сукупність точок (рис. 6). Проаналізувавши розміщення компанії на картах, що відповідають різним періодам часу, можна зробити висновки щодо динаміки розвитку компанії відносно тенденцій ринку.

Проаналізуємо отримані результати отриманні за представленими методиками на прикладі таких компаній, як «АХА СТРАХУВАННЯ» та «ТАС СГ».

Інформація про результати роботи страхової компанії «АХА СТРАХУВАННЯ» наявна для дев'яти з десяти розглянутих років функціонування страхового ринку України.

За першою методикою, в якій було використано метод головних компонент і подальша кластеризація була проведена методом

Варда, компанія «АХА СТРАХУВАННЯ» протягом майже усіх аналізованих періодів належала до компаній групи В. Лише у 2008 та 2014 роках вона була віднесена до групи низькоефективних страховиків. У першу чергу це пов'язано з динамікою зміни таких показників, як розмір активів і страхових премій, які за даним підходом мають найбільший вплив на розбиття компаній на класи у кожен з періодів часу.

Побудовані самоорганізуючі карти показують, що останні вісім років компанія «АХА СТРАХУВАННЯ» стабільно потрапляла до класу високоефективних компаній. Як видно з рис. 6, виключення становить лише 2008 рік, в якому вона потрапила до групи В, але положення на карті Кохонена, що характеризує даний період, вказує на те, що і тоді вона була найпривабливішою компанією групи середньооефективних страховиків, про що свідчить її сусідство з областю А, і віддаленість від групи С.

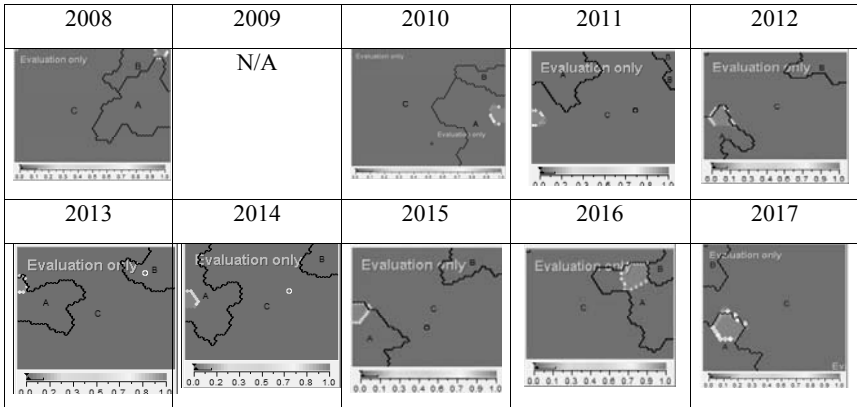


Рис 6. Динаміка страхової компанії «АХА СТРАХУВАННЯ» протягом 2008–2017 рр.

Слід також зазначити, що у результаті аналізу суб'єктивних характеристик роботи страховиків за допомогою експертних методів та нечіткого моделювання, компанія «АХА СТРАХУВАННЯ» опинилася серед безумовних лідерів, потрапивши до класу А.

Ще однією компанією, яка активно працювала на ринку останні роки, є «ТАС СГ», показники роботи якої не відрізнялися постійністю, а експерти оцінили рівень кептивності цієї компанії як один з найвищих. Зокрема, за першим підходом, цей страхо-

вик належав до низькоефективних компаній у 2008 та 2016 роках, до класу А страховик «ТАС СГ» належала тільки у 2009 році, а всі інші періоди вона належала до середноефективних компаній.

Страхова компанія «ТАС СГ» за картами Кохонена була віднесена до кластеру низькоефективних компаній майже усі періоди, крім 2008, 2009 та 2011 років, коли вона потрапила до групи А (рис.8). Не дивлячись на рівень кептивності, у цілому, експерти достатньо високо оцінили компанію за такими характеристиками, як структура клієнтської бази, менеджмент та імідж страховика і, як результат вона була віднесена до класу В.

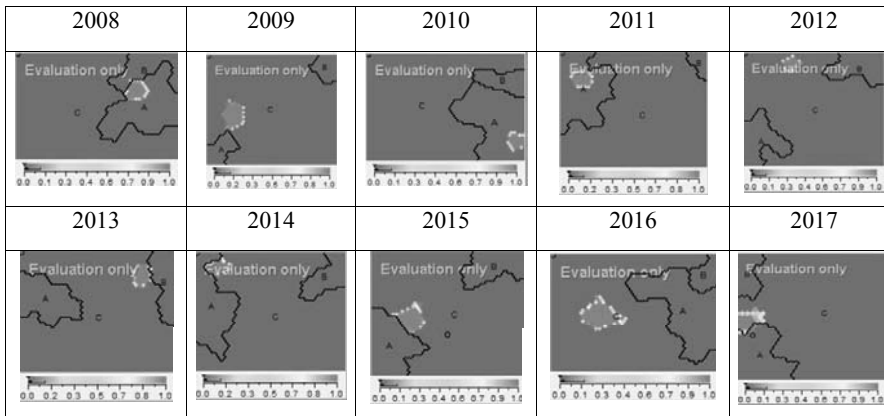


Рис. 7. Динаміка страхової компанії «ТАС СГ» протягом 2008–2017 рр.

Динаміку розподілу на кластери за двома основними підходами та експертними оцінками зображено на рис. 8. На відміну від статичних методів, другий підхід, що базується на нейронних мережах, дає рівномірніший розподіл страховиків на групи та краще відображає тенденції, які були притаманні ринку фінансових послуг у розглянуті періоди. Найбільш індикативними є зміни, що зазнавав ринок під час і після криз 2008 та 2013–2014 років, коли, у зв'язку з кризовими явищами та політикою регулятора по стабілізації та очищенню ринку фінансових послуг, багато компаній припинили свою діяльність повністю або були вимушені суттєво переглянути свої стратегії та якісний склад портфелів. Як наслідок, у після кризові роки доля компаній класу А зростає переважно за рахунок середньо ефективних страховиків. Особливий інтерес викликає розподіл страховиків на класи, спираючись

на думку експертів, які при аналізі страховиків виставляли свої оцінки не тільки за результатами останнього року, а й враховуючи динаміку розвитку компанії в цілому, де тільки 4 % страховиків були віднесені до високоефективних компаній. У переважній більшості це страховики, що мають диверсифіковану клієнтську базу, працюють на ринку не один рік, є дочірніми компаніями великих міжнародних страхових груп та мають достатню кількість представництв, або офісів по всій країні.



Рис. 8. Результаты распределения страховиков на группы у 2008–2017 гг.

Підсумковий інтегральний показника стійкості та розвитку для кожної страхової компанії розраховуватиметься як зважена сума оцінок класу, до яких належала компанія протягом періоду дослідження:

$$O_k = \sum_{i=1}^m (L_{ik} \times v_i) + L_{exp k} \times v_{exp}, k = \overline{1, p}$$

де  $L_{ik}$  — оцінка  $k$ -го страховика, яка визначається з огляду на те, в який кластер він потрапив за результатами обробки кількісних показників роботи компанії у кожен  $i$ -тий період, де  $i = \overline{1, m}$ .

$L_{exp\ k}$  — оцінка  $k$ -го страховика, яка визначається з огляду на те, в який кластер він потрапив за результатами експертного оцінювання роботи компанії;

$v_i$  — вагові коефіцієнти, які виставляються за принципом: вага кожного наступного періоду повинна бути більшою ніж попереднього ( $i = \overline{1, m}$ );

$v_{exp}$  — ваговий коефіцієнт оцінок отриманих експертним шляхом у процесі аналізу якісних показників роботи страхових компаній, який задовольняє наступним вимогам  $v_{exp} = v_m$ ,

$$\sum_{i=1}^m v_i + v_{exp} = 1.$$

За результатами проведеного аналізу для визначення підсумкового інтегрованого показника стійкості та розвитку були визначені такі оцінки для сформованих кластерів А, В і С у кожному  $i$ -му періоді:  $f_A=3$ ;  $f_B=2$ ;  $f_C=1$ .

Також ваговим коефіцієнтам для кожного  $i$ -го періоду (2008–2017 рр.) та оцінкі експертів були надані такі значення:  $v_1=0,01$ ;  $v_2=0,02$ ;  $v_3=0,03$ ;  $v_4=0,04$ ;  $v_5=0,05$ ;  $v_6=0,075$ ;  $v_7=0,1$ ;  $v_8=0,125$ ;  $v_9=0,15$ ;  $v_{10}=0,2$  та  $v_{exp}=0,2$ .

На основі підходу, який базується на методах головних компонент і Варда, встановлено, що до числа компаній з найвищим рівнем стійкості увійшли такі страховики, як «КРЕМЕНЬ», для якого рівень стійкості  $O_1=2,26$ , «ІНГО УКРАЇНА» —  $O_2=2,11$ , «РЗУ УКРАЇНА» —  $O_3=2,11$ , «АХА СТРАХУВАННЯ» —  $O_4=2,05$  та компанія «ТАС СГ», для якої  $O_5=1,86$ . Найнижчий рівень інтегрального показника стійкості та розвитку отримала компанія «ДОБРОБУТ ТА ЗАХИСТ».

За другим підходом, в якому кластеризація відбувалась за картами самоорганізації, було визначено, що безперечним лідером на ринку за 10 періодів і за думкою експертів є страхова компанія «АХА СТРАХУВАННЯ» (табл. 2), що входить до французької групи «АХА Group», та для якої підсумковий інтегральний показник стійкості та розвитку є найвищим:  $O_1=2,93$ . Підсумковий інтегральний показник стійкості та розвитку для страховика «ТАС СГ» було визначено, як  $O_{16}=1,4$ . Серед компаній, які функціонували на ринку у 2017 році та оприлюднювали результати своєї роботи протягом останніх десяти років, найнижчий рівень підсумкового інтегрального показника стійкості та розвитку отримали страхові компанії: «ГАРДІАН» і «ДОБРОБУТ ТА ЗАХИСТ». Цікаво, що саме ці компанії потрапили до переліку страховиків, на

діяльність яких надійшло найбільше скарг до Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг [1].

Таблиця 2

**РЕЗУЛЬТАТИ КЛАСТЕРИЗАЦІІ СТРАХОВИКІВ ЗА ОБРАНИМ ПІДХОДОМ**

	2008	2009	2010	2011	..	2017	Експерти	<i>O<sub>k</sub></i>
АХА СТРАХОВАНИЕ	В		А	А	.	А	А	2.93
АЛЬФА СТРАХОВАНИЕ	С		С	С	.	А	А	2.48
АРСЕНАЛ СТРАХОВАНИЕ			С	С	.	А	С	2.37
ИНГО УКРАИНА	А	С	А	А	.	В	А	2.26
...	...	...	...	...	...	...	...	...
ТАС СГ	А	С	А	А	.	С	В	1.36
...	.	.	.	.	.	.	.	.
ДОБРОБУТ ТА ЗАХИСТ	С	С	С	С	.	С	С	0.5
ГАРДИАН					.	С	С	0.4

Однак, під час аналізу страховиків за допомогою методу головних компонент було виявлено, що найбільш значущими показниками їх роботи є розмір активів і страхових премій, які мали найбільший вплив на подальшу кластеризацію компаній за методом Варда. Але, аналіз даних щодо діяльності страхового ринку у до- та післякризові періоди показав, що велика кількість компаній, що мали відносно високі значення підсумкового інтегрованого показнику стійкості та розвитку, були вимушені частково або повністю припинити свою діяльність, та, навпаки, деякі страховики, які за даним підходом отримали відносні низькі значення підсумкового інтегрованого показнику стійкості та розвитку показали не аби яку ефективність роботи. Таким чином, результати отримані за підходом, який спирається на побудові карт Кохонена, виявилися більш адекватними.

**Висновки.** У статті представлено основні етапи визначення рейтингів страховиків, а також запропоновано проаналізовано комплекс моделей для визначення рівня стійкості страхових ком-

паній на засадах нейро-нечіткого моделювання, а також класичних економетричних і статистичних методів. Розроблені авторами підходи дозволяють розподілити страхові компанії за рівнем ефективності на основі як кількісних, так і якісних показників, а також провести аналіз їх положення на ринку фінансових послуг відносно інших його учасників.

Апробація запропонованих принципів до аналіз рівня стійкості та визначення рейтингів страховиків, які займаються “non-life” страхуванням, була проведена на реальних даних за 2008–2017 рр. Аналіз отриманих результатів показав, що найадекватнішим виявився підхід, що базується на використанні карт самоорганізації Кохонена, оскільки він точніше відобразив динаміку роботи компаній, що діють в українському страховому полі, та їх місце на ринку відносно інших його учасників.

### ***Література***

1. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері ринків фінансових послуг [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <http://dfp.gov.ua>.

2. *Oglih V. V.* Рейтингова оцінка страхових компаній України на засадах нейро-нечіткого моделювання / В. В. Огліх, Г. О. Бесчастна. // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці. — 2014. — №3. — С. 151–187. — Режим доступу: [http://nfmte.com/ru/assets/journal/3/Oglih\\_Beschastna.pdf](http://nfmte.com/ru/assets/journal/3/Oglih_Beschastna.pdf)

3. Insurance Top. Рейтинг страхових компаній [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <http://www.insurancetop.com>.

4. *Вітлінський В. В.* Математичні моделі та методи ринкової економіки / В. В. Вітлінський, О. В. Піскунова. — Київ: КНЕУ, 2010. — 531 с.

5. *Артеменко Ю. Ф.* Математичні методи в економічній діагностиці: Навч. посібник. — Дніпро: РВВ ДНУ, 2006. — 92 с.

### ***References***

1. Natsionalna komisiia, shcho zdiisniuie derzhavne reguliuvannia v sferi rynkiv finansovyh posluh (National Commission of financial markets' regulation) [E-resource]. — Access mode: <http://dfp.gov.ua>. [in Ukrainian]

2. *Oglih V. V.*, Reitynhova otsinka strahovyh kompaniyi Ukrainy na zasadah neyro-nechitkogo modeluvannya (Rating assessment of Ukrainian insurance companies based on neuro-fuzzy modeling) / V. V. Oglih, H. O. Beschastna // Neyiro-nechitki tehnologiyy modeliyuvanya v ekonomici. — 2014. — №3. — S. 151–187. — Access mode: [http://nfmte.com/ru/assets/journal/3/Oglih\\_Beschastna.pdf](http://nfmte.com/ru/assets/journal/3/Oglih_Beschastna.pdf). [in Ukrainian]



3. Insurance Top. Reiting strahovyh kompaniy. insurancetop.com. Retrieved from <http://www.insurancetop.com>. [in Russian]

4. Matematychni modeli ta metody rynkovoï ekonomiky (Mathematical models and methods of market economy): навч. Посіб. / V. V. Vitlinskyi, O. V. Piskunova. — K.: KNEU, 2010. — 531, [in Ukrainian].

5. Artemenko Yu. F. Matematychni metody v ekonomichniyi diagnostytsi (Mathematical methods in economic diagnostics): Navch. posib. — Dnipro: RVV DNU, 2006. — 92 s. [in Ukrainian]

Статтю подано до редакції 29.10.2018 р.

УДК 005.53:005.551/- 047.75

**В. К. Галіцин**, д.е.н., професор,  
завідувач кафедри інформаційного менеджменту,  
**О. П. Суслів**, д.е.н., професор,  
професор кафедри інформаційного менеджменту,  
Н. К. Самченко, к.е.н., доцент,  
доцент кафедри інформаційного менеджменту,  
**М.М. Агутін**, к.е.н.,  
старший викладач кафедри інформаційного менеджменту,  
ДВНЗ «Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана»

**V. Galitsin**, doctor of sciences, professor  
Head of Information Management Department,  
**O. Suslov**, Doctor of Economics, Professor  
Professor of Information Management Department,  
**N. Samchenko, Ph.D.**, associate professor  
Associate Professor of Information Management Department  
**M. Agutin, Ph.D.**,  
Senior Lecturer of Information Management Department,  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»

## **ФОРМУВАННЯ, РАНЖУВАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЦІЛЕЙ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ**

## **FORMATION, RANKING AND EVALUATION THE GOALS OF MANAGEMENT SOLUTIONS**

*Анотація. У статті викладено теоретичні засади та інструментарій формування, ранжування та оцінювання множини цілей у процесі генерування альтернативних варіантів управлінських рішень в умовах ризику. Формування множини цілей розглядається як ключовий етап у процесі*

генерування та оцінювання альтернативних варіантів управлінських рішень. Наведено узагальнене визначення мети як головного напрямку дій організаційної системи, що забезпечує досягнення конкретних результатів, які передбачається одержати після реалізації цього рішення за певних умов у фіксованому періоді часу. Обґрунтовано необхідність формування множини цілей і наведені вимоги до них. Схарактеризовані такі властивості цілей, як комплексність, системність, узгодженість, досяжність, конкретність, гнучкість, спадкоємність, чіткість, вимірність, вмотивованість, сумісність, формалізованість, якими вони мають володіти для забезпечення процесу генерування альтернативних варіантів управлінських рішень. Описано процедуру оцінювання і ранжування цілей за різними критеріями, яка виконана за допомогою лінійних оцінок, бальних шкал (п'ятибальної і трибальної) та за двома процедурами — за середнім балом і за правилом Борда. Для ранжування за середнім балом за трибальною шкалою використано оцінки: ризик неприйнятний, ризик небезпечний, ризик неприйнятний. У разі п'ятибальної шкали оцінками є: ризик мінімальний, ризик невеликий, ризик є, ризик суттєвий, ризик надзвичайний. Всі обчислення щодо оцінювання і ранжування цілей виконано на конкретному прикладі для п'яти цілей (виробництво нового виду продукції, введення нової технологічної лінії, збільшення прибутку, зростання обсягів виробництва, збільшення частки ринку) і чотирьох видів ризиків (ставлення влади, соціальні загрози, загрози конкурентів, ринкові ризики).

**Ключові слова:** мета, оцінювання, ранжування, критерій, ризик, шкала, метод, бал.

*Annotation. The article presents the theoretical principles and tools of formation, ranking and evaluation of the set goals in the process of generating alternatives of management solutions under risk. Formation of the set goals is seen as a key step in the process of generating and evaluating alternative options for management solutions. The generalized definition of the goal as the main direction of action of the organizational system is provided, which ensures the achievement of concrete results, that is expected to be obtained after the implementation of this decision under certain conditions in a fixed period of time. The necessity of forming a set of goals and the requirements for them is substantiated. Authors determined properties for such purposes as complexity, systematicness, coordinateness, achievement, concreteness, flexibility, acceptability, preciseness, measurability, motivation, compatibility, formalization that they have to ensure the process of generating alternatives making. The procedure of evaluation and ranking of goals according to various criteria, which is performed by means of linguistic assessments, mark assessments (five-point and three-point) and two procedures, is based on the mean score and the Bord's rule. For the average ranking score scale used by three-point evaluation: acceptable risk, risk dangerous risk is unacceptable. In the case of a five-point scale, the estimates are: the risk is minimal, the risk is small, the risk is, the risk is significant, the risk is extraordinary. All calculations for the purpose of evaluation and ranking are made on a concrete example for five purposes (production of a new type of product, introduction of a new technological line, increase of profit, increase of volumes of production, increase of market share) and four types of risks (attitude of authorities, social threats, threats competitors, market risks).*

**Keywords:** objectives, evaluation, ranking, criteria, risk, scale, method score.

**Introduction.** Formation of the set goals is a key stage in the process of generating and evaluating alternative options for management solutions (MS). According to the chosen purpose strategy for the

development of the organizational system (OS) and its tactics are formed, forecasts and action plans are developed, the results of implementation of the decisions are evaluated.

Highlighted that overall contained in diverse definition of "objective" given in the literature, the purpose of management solution will be called the main direction of the OS, which ensures the achievement of concrete results expected to be received after the implementation of this solution under certain conditions in a fixed period of time. Indeed, the work of the OS is aimed at achieving certain results that would change its state. This may be the creation of new production, and the conquest of the market, and increased profitability, etc.

The need to form a set of goals is conditioned by the following circumstances:

the goal is the core around which management is formed. In accordance with the chosen purpose the strategy of OS development and tactics are formed, forecasts and action plans are being developed, the results of the implementation of management solutions and measures taken are evaluated;

the formulation of goals allows to determine the desired results of the decision;

sometimes an analysis of the problem situation may reveal the need to change the formulation of the objectives of the activity. In this case, the formation of solution goals coincides with the formation of the OS objectives;

forming a plurality of objectives to solve the problem concentrates on finding a comprehensive multi-solution.

The purpose is always outside the system. It reflects the environment response on the system. The quality of the purpose determines the success or failure of the OS.

Since the purpose is the main system-forming factor in the OS, then the process of forming MS should be focused on achieving this purpose, i.e. the primary is the purpose of the OS and the secondary — the purpose of management solution, which reflects the development of any kind of activity in its formation.

The objectives of MS should be complex, systematic, coordinated, achievable, concrete, flexible, inherited, precise, measurable, motivated, compatible (non-contradictory), formalized.

Complexity of purpose means that it should cover all aspects of the problem situation. Systematicness foresees that the state of the OS to which it aims is provided by appropriate management mechanisms at all stages of management. Coordinateness means that the goals should not contradict each other. If there are competing goals, the sequence

of their implementation must be determined. If there are conflicting goals among the objectives, then a compromise solution should be found. Achievement means that the state of the OS to which it seeks should be really realistic for the current situation and the current trends in its change. Concreteness foresees that the process of achieving the goal should be ensured by a sequence of concrete measures. Flexibility means that the chosen target should be formulated in such a way that the possibility of its adjustment remains if the external or internal conditions under which it was intended to be achieved are changed. Acceptability should be considered as a requirement according to which the selected goals should be acceptable for the main subjects that determine the activities of the OS, as well as for those who must ensure their achievement. Preciseness foresees that the goals should be unambiguously formulated and understood by the executors. The measurability of the goal ensures the development of quantitative and qualitative criteria and parameters for assessing the degree of its implementation. Motivation involves linking the objectives of the OS with the reward system of performers. Compatibility means that the multiple objectives of the OS and its units, different categories and groups of staff and individual employees must be compatible and uncontroversial. Formalization of the goal ensures the formation of a system's criteria for evaluating the effectiveness of a managed system.

The difficulty in formulating the goals of the MS is due to the presence of a large number of contradictory requirements to them, errors in determining their priorities, ambiguity in the evaluation of problems. In addition, in the information society [1; 8] the emergence of new original and complex problems has led to an increase in the number and complexity of managerial tasks due to the increasing number of factors, which characterize a variety of economic and informational goals and should be considered when solved by them, which prompts the person who forms the MS (PFMS), to multi-criteria assessment of alternative solutions. In this regard, the generation of alternative variants of the MS presupposes the mandatory formation of a plurality of their goals.

**The purpose of the article** is to outline theoretical foundations and tools for the formation, ranking and evaluation of a set of goals in the process of generating alternative management solutions.

**Analysis of publications on the problem.** Despite the importance of the process of forming MS goals, most authors in the literature on the theory of decision MS considered a matter of setting the system purposes [11], the importance of goals and their measurement [4],

goal-setting in the management activity, the properties of goals and their priorities in the formation and implementation of MS [5], target orientation MS [9] and more. Instead, little attention is paid to the formalized description of this procedure.

**Formulation of the problem.** When forming a goal solution two situations are possible:

PFMS wants to choose one of the standard set of goals in this situation, for example, maximize income derived from operating activities of OS to increase the captured market share etc. In this case, the task of the PFMS is to determine the possibilities for realizing the objectives in the database and to search for better strategies for achieving the goal;

PFMS wants to select several goals from the standard set in the given situation, for example: simultaneously increase profits, increase market share, improve the quality of manufactured products, etc. In this case, the task of the PFMS is to determine the possibilities of realizing the goals, possible combinations of parameters for their implementation and better strategies for achieving goals.

It is important to have an idea of the desirable state of the system for a substantiated formulation of goals. A convenient tool for forming a set of goals is the method of writing a script as a way to describe the present and future state of the OS [2]. It allows you to determine the moment when the timely accepted MS may still affect the equilibrium state of the OS.

Usually the purpose is not one but in a group with many others, that is, the set of possible purposes is formed. Correspondingly, there is a problem of their interaction on the same level (horizontal links) and in the hierarchy (vertical links), as well as evaluation of their importance.

The assessment of the importance of the goals (their priorities) should be carried out by the PFMS, since person is responsible for the prevailing solution and its consequences. The PFMS can engage experts to evaluate the importance of goals, so that by comparing the differences in the estimates more clearly articulate their preferences. Goal priorities are usually measured in ordinal scale or ratio scale [3].

Formulation of goals is usually carried out in conditions of uncertainty and the presence of the associated risk (quantitative characterization of the degree of danger and the size of its consequences), since the environment creates a situation of risk because of the inability to predict the development of events with the necessary accuracy. Therefore, risk assessment is a prerequisite for choosing a goal. Risk assessments are carried out in a way to determine the size of individual

risks and multi-criteria risk assessment in general. Different methods are used for this purpose: expert, statistical, method of "decision tree", method of using analogues, combined method. These methods are described in [10]. By using some of them, we describe the methodology for evaluating each goal in terms of risk.

**Presentation of main content.** One of the easiest ways to evaluate the importance of goals is to calculate the coefficients of their importance by the dual comparison method. According to this method, the results of pairwise comparison of goals by their importance are reflected in the form of a matrix

$$A = \|\alpha_{jj'}\|,$$

in which element  $\alpha_{jj'} = 1$ , if the goal  $A_j$  no less important than the goal  $A_{j'}$ , and  $\alpha_{jj'} = 0$ , if the goal  $A_j$  strictly prevails over the importance of the goal  $A_{j'}$ , i.e.

$$\alpha_{jj'} = \begin{cases} 1 & \text{при } A_j \succsim A_{j'} \\ 0 & \text{при } A_j \succ A_{j'} \end{cases}, \quad j, j' = \overline{1, J}.$$

The coefficient of importance of  $j$ -th goal is calculated by the formula

$$\mathfrak{R}_j = \frac{\sum_{j'=1}^J \alpha_{jj'}}{\sum_{j=1}^J \sum_{j'=1}^J \alpha_{jj'}} = \frac{\alpha_j}{\sum_{j=1}^J \alpha_{jj'}}, \quad j = \overline{1, J}.$$

These coefficients can be calculated by other methods [6; 7].

Suppose that the PFMS has appointed such objectives of the MS, aimed at

- 1) production of a new type of product;
- 2) the introduction of a new technological line;
- 3) increase in profit;
- 4) increase in production volumes;
- 5) increase in market share.

At the same time, the experts identified the following risks for achieving the goals: attitude of the authorities; social threats (crimes, sabotage, etc.); threats of competitors; market risks.

Obviously, the first and last type of risk can lead to both negative and positive results.

In order to assess each goal with regard to the danger of risks, they are ranked. We will assume that this assessment is carried out by experts using linguistic scores and scales as shown in Table 1.

Table 1

LINGUISTIC RISK ASSESSMENTS

Linguistic assessment	Mark assessment
The risk is minimal	5
The risk is small	4
There is a risk	3
The risk is significant	2
The risk is extraordinary	1

Consider two grading scales (five-point and tribal) and two evaluation procedures (with an average score and according to the Bord’s rule).

Taking into account experts’ evaluations (Table 1), by a five-point scale calculate the estimation of each goal for each type of risk by the formula

$$X_{jr} = \frac{1}{e} \sum_{e=1}^E x_{jr}^e, \quad j = \overline{1, J}, \quad r = \overline{1, R}, \quad (1)$$

where  $x_{jr}^e$  — evaluation of  $r$ -th risk by  $j$ -th goal expert  $e$ .

Considering the completed calculations of goal evaluations, we give their results in the form of a Table 2.

Table 2

RISK ASSESSMENT GOALS BY A FIVE-POINT SCALE

Goal number	Name of risk				Average score
	Attitude of the authorities	Social threats	Threats of competitors	Market risks	
1	The risk is minimal	The risk is small	The risk is minimal	The risk is small	4,7
2	The risk is small	The risk is small	The risk is minimal	There is a risk	4,0
3	There is a risk	The risk is small	The risk is minimal	There is a risk	3,7
4	The risk is small	The risk is small	The risk is significant	The risk is significant	3,0
5	The risk is significant	The risk is small	The risk is small	There is a risk	3,5

The results of the ranking by the average score are given in Table 3.

*Table 3*

**GOAL'S RANK**

<b>Goal</b>	<b>Rank</b>
Growth of production volumes	1
Increase in market share	2
Increase in profit	3
The introduction of a new technological line	4
Production of a new type of product	5

We will conduct a ranking by the average score using a tribal scale by estimates:

- risk is acceptable;
- risk is dangerous;
- risk is unacceptable.

The results of calculating by the average score for each goal using a tribal scale are shown in Table 4.

*Table 4*

**ASSESSMENT OF GOALS' RISK**

<b>The type of risk</b>	<b>Score</b>	<b>The number of experts</b>			
		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
		<b>Goal</b>			
Risk is acceptable	1	Production of a new type of product	The introduction of a new technological line	Increase in profit	Growth of production volumes
Risk is dangerous	2	The introduction of a new technological line	Production of a new type of product	Production of a new type of product	Increase in profit
Risk is unacceptable	3	Increase in market share	Increase in market share, Growth of production volumes	Increase in market share	Growth of production volumes



The results are shown in the Table 2 and 4 do not match. Therefore, an additional target risk assessment should be carried out by any other method.

Consider the procedure for ranking purposes using the Bord method [12] by a tribal scale. By this method each goal is assigned with a rank which corresponds to the points in the Table 1 and calculate the sum of ranks in the Table 4 for each goal according to the formula

$$\rho_j = \sum_{l=1}^L \rho_{jl} e_l, \quad j = \overline{1, J}, \quad (2)$$

where  $\rho_{jl}$  — rank of  $j$ -th goal in the  $l$ -th group of experts;

$e_l$  — the number of experts in the  $l$ -th group.

Results of the ranking are shown in Table 5.

*Table 5*

**RESULTS OF GOALS' RANKING USING THE BORD METHOD BY A TRIBAL SCALE**

Goal	Sum of ranks	Place
The introduction of a new technological line	15	1
Increase in profit	17	2
Production of a new type of product	19	3
Growth of production volumes	29	4
Increase in market share	34	5

For the possibility of comparison we consider the results of ranking by the method of Bord, using a five-point scale. The sum of ranks for each goal is calculated by the formula (2) and the goals' ranks are determined by Table 6.

*Table 6*

**RISKS BY GOALS**

Type of risk	Goal
The risk is minimal	Production of a new type of product
The risk is small	The introduction of a new technological line
There is a risk	Increase in profit
The risk is significant	Growth of production volumes
The risk is extraordinary	Increase in market share

The results of the ranking using the Bord method by a five-point scale are given in Table 7.

*Table 7*

**THE RESULTS OF THE RANKING USING THE BORD METHOD BY A FIVE-POINT SCALE**

Goal	Sum of ranks	Place
Production of a new type of product	23	1
The introduction of a new technological line	24	2
Increase in profit	25	3
Growth of production volumes	38	4
Increase in market share	38	5

The summarized results of the goals' ranking by all the methods discussed are given in Table 8.

*Table 8*

**SUMMARY RESULTS OF GOAL RANKING**

Goal number	Average score method		Bord's method		Sum of ranks
	five-point scale	tribal scale	five-point scale	tribal scale	
1	1	3	3	1	8
2	2	2	1	2	7
3	3	1	2	3	9
4	5	4	4	4	17
5	4	5	5	5	19

The data in Table 8 indicate that the results of the ranking on different scales differ in the same methods. In addition, the risk for the first three goals is almost the same and other goals have significant risk.

It should be emphasized that «in general different methods of ranking on the same scales in most cases give incompatible results, so, in the subjectivity of assessments and methods, it is often useful to compare several variants of ranking and «averaging» them» [8, p. 224–225].

Since the ranks used in the described methods were determined on the basis of risk categories, it is quite legitimate to turn them into a risk category (Table 9).

*Table 9*

**THE CORRESPONDENCE BETWEEN THE RANKS AND RISK CATEGORIES**

<b>Goal</b>	<b>Place</b>	<b>Sum of ranks</b>	<b>Risk categories</b>
Production of a new type of product	1–2	8	The risk is minimal
The introduction of a new technological line	1–2	7	The risk is small
Increase in profit	3	9	There is a risk
Growth of production volumes	4	17	The risk is significant
Increase in market share	5	19	The risk is extraordinary

The current goal should be consistent with the current situation. Therefore, it is necessary to evaluate the possible goals in accordance with this situation, then ranking them according to the pre-formed by PFMS list of criteria.

Criteria and parameters agreed by experts are presented in the form of a Table 10.

*Table 10*

**CORRESPONDENCE BETWEEN CRITERIA AND PARAMETERS**

<b>Parameter's number of internal state</b>	<b>Criterion</b>	<b>Parameter's ID of external environment</b>
1 — 4	Balance	A – D
2	Competence	D
1 — 5	Synergy	A – D
2, 4, 5	Financing	A – D
5	Information environment	A – D

Values of the criteria are evaluated by different methods. To illustrate this process, consider method for evaluating the criterion «Synergy» in [8].

The evaluation of the criteria is carried out by experts for which they fill out the prepared tables, example is given in Table 11 and 12, where the sign «+» means an increase in integral efficiency from the interaction of two parameters, the sign «-» is a decrease and the sign «0» is a lack of influence. Considering the sign «+» for + 1, the sign «0» for 0 and the sign «-» for — 1, calculate the weighted average of

each sign considering the «weight» of the expert, and the results are placed in Table 11 and 12.

*Table 11*

**ESTIMATES OF PARAMETERS**

Parameter's number	1	2	3	4	5
1	0	-	-	-	0
2	+	0	+	+	-
3	0	-	0	-	0
4	+	+	+	0	-
5	0	-	0	-	0

*Table 12*

Parameter's ID	A	B	C	D
A	0	+	+	0
B	+	0	+	+
C	-	-	0	-
D	-	-	-	0

Table 11 shows the influence of the parameters in the table rows on the parameters in the columns, determining the internal state of the OS, and Table 12 — influence of parameters that determine the external environment. Thus, Table 11 shows that the condition of the equipment and product quality positively affect the status of personnel and financing, but the condition of the equipment and product quality negatively affect the financing and the state of personnel. After evaluating all the criteria, experts determine the significance of all the criteria for the goals and fill in the Table 13.

*Table 13*

**LINGUISTIC ASSESSMENTS OF THE SIGNIFICANCE OF THE GOAL CRITERIA**

Goal number	Evaluation of the significance of the goal criterion					Sum of ranks
	Balance	Competence	Synergy	Financing	Information environment	
	1	2	3	4	5	
1	high	very high	average	high	very high	21
2	very high	high	very high	high	high	22
3	average	high	high	average	average	17
4	high	very high	very high	high	high	22
5	low	average	high	average	very high	17

We will provide linguistic assessments, given in Table 13, mark assessments (Table 14).

Table 14

**LINGUISTIC AND MARK ASSESSMENT OF GOALS' CRITERIA**

Linguistic assessment	Mark assessment
Very high	5
High	4
Average	3
Low	2

According to Table 13 and 14, calculate mark assessments of the significance of the goals' criteria  $z_{hj}$  and effectiveness of goals  $W_j$  using the formulas:

$$z_{hj} = \frac{c_{hj}}{\sum_{h=1}^5 c_{hj}}, \quad W_j = \sum_{h=1}^5 z_{hj} c_{hj}, \quad j = \overline{1,5},$$

where  $c_{hj}$  — mark assessment, which corresponds to a linguistic assessment of the significance of the  $h$ -th criterion of  $j$ -th goal Table 13. The results of calculations are shown in the Table 15.

Table 15

**MARK ASSESSMENTS OF THE SIGNIFICANCE OF THE CRITERIA AND THE EFFECTIVENESS OF THE GOALS**

Goal number	Бальна оцінка значущості критерію мети ( $z_{ij}$ )					$W_j$
	Balance	Competence	Synergy	Financing	Information environment	
	1	2	3	4	5	
1	0,19	0,23	0,14	0,19	0,23	4,24
2	0,23	0,18	0,23	0,18	0,18	4,46
3	0,17	0,23	0,23	0,17	0,17	3,37
4	0,18	0,23	0,23	0,18	0,18	4,46
5	0,12	0,17	0,23	0,17	0,29	3,63

According to Table 15 the highest score received goals «Introduction of a new technological line» and «Growth of production volumes», the lowest — «Increase in profit».

The examples show that the evaluation and ranking of goals by different criteria may be contradictory.

**Conclusions.** The following conclusions can be drawn from the results of the use of the described methods of risk assessment of goals and the assessment of goals in accordance with the situation: according to the first method, the least dangerous goals are «Production of a new type of product» and «Introduction of a new technological line» and to the second — «Growth of production volumes» and «Introduction of a new technological line». Of course, this is not enough to obtain an integrated assessment, which determines the election goals. With regards to the above examples, they are merely illustrative of the possible approaches for integral estimation, and the selection ranking purposes of their existing set.

### *Література*

1. *Галіцин В. К.* Концепція та характеристика інформаційного суспільства / В. К. Галіцин, О. П. Суслов, Н. К. Самченко // *Модельовання та інформаційні системи в економіці: зб. наук. праць.* — К. : КНЕУ, 2017. Вип. 94. — С. 5–15.

2. *Деревнина А. Ю.* Алгоритм построения сценарной модели развития системы / А. Ю. Деревнина / *Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования.* — 2006. — № 5. — С. 222–230.

3. *Евланов Л. Г.* Теория и практика принятия решений / Л. Г. Евланов / *Редкол.: Е. М. Сергеев и др. М. : Экономика, 1884.* — 176 с.

4. *Евланов Л. Г.* Теория и практика принятия решений / Л. Г. Евланов. — М.: Экономика, 1984. — 176 с.

5. Методи прийняття управлінських рішень. [Електронний ресурс]. — Режим доступа: [https://studme.org/1584072011550/mededzhment/metody\\_prinyatiya\\_upravlencheskihresheniy\\_tebekin\\_av](https://studme.org/1584072011550/mededzhment/metody_prinyatiya_upravlencheskihresheniy_tebekin_av).

6. Модели и методы векторной оптимизации / [Емельянов С. В., Борисов В. И., Малевич А. А., Черкашин А. М.] // *Итоги науки и техники. Техническая кибернетика.* — Т.5. — М. : Изд-во ВИНТИ АН СССР, 1973. — С. 386–448.

7. *Подиновский В. В.* Оптимизация по последовательно применяемым критериям / В. В. Подиновский, В. М. Гаврилов. — М. : Сов. радио, 1975. — 192 с.

8. *Трахтенгерц Э. А.* Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений. Том 1. Методы и средства / Э. А. Трахтенгерц. — М. : СИНТЕГ, 2009. — 172 с.

9. Трофимова Л. А. Управленческие решения (методы принятия и реализации) : учеб. пособие / Л. А. Трофимова, В. В. Трофимов. — СПб. : Изд-во СПбУЭФ, 2011. — 190 с.

10. Управление проектами трубопроводного строительства [Васильев Г. Г., Горяинов Ю. А., Ревазов А. М. и др.]; под общей ред. Ю. А. Горяинова. — М. : Лори, 2001. — 306 с.

11. Учитель Ю. Г. Разработка управленческих решений : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Антикризисное управление» и другим экономическим специальностям, специальности «Менеджмент организации» / Ю. Г. Учитель, А. И. Терновой, К. И. Терновой. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2007. — 383 с.

12. *Regenwetter M.* Approval voting, Borda Winners and Condorcet Winners: Evidence from seven Elections / M. Regenwetter, B. Grofman // *Management Science*. — 1998. — V. 44. — № 4. — P. 520–533.

### **References**

1. Halitsyn V. K. Kontsepsiia ta kharakterystyka informatsiinoho suspilstva / V. K. Halitsyn, O. P. Suslov, N. K. Samchenko // *Modeliuvannia ta informatsiini systemy v ekonomitsi: zb. nauk. prats. (Modeling and information systems in economics: a collection of scientific works)* — K. : KNEU, 2017. Vyp. 94. — S. 5–15. [in Ukrainian]

2. Derevnina A. Yu. Algoritm postroeniya stsenarnoy modeli razvitiya sistemy / A. Yu. Derevnina / *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Sotsialno-ekonomicheskie i pravovyye issledovaniya. (Bulletin of Tyumen State University. Socio-economic and legal studies)* — 2006. — № 5. — S. 222–230. [in Russian]

3. Evlanov L. G. Teoriya i praktika prinyatiya resheniy / L. G. Evlanov / *Redkol.: E. M. Sergeev i dr. M. : Ekonomika, 1884. — 176 s. [in Russian]*

4. Evlanov L. G. Teoriya i praktika prinyatiya resheniy / L. G. Evlanov. — M.: Ekonomika, 1984. — 176 s. [in Russian]

5. Metody pryiniattia upravlynskykh rishen. [Электронный ресурс]. — Rezhym dostupa: [https://studme.org/1584072011550/menedzhment/metody\\_prinyatiya\\_upravlencheskih\\_resheniy\\_-\\_tebekin\\_av](https://studme.org/1584072011550/menedzhment/metody_prinyatiya_upravlencheskih_resheniy_-_tebekin_av). [in Ukrainian]

6. Modeli i metodyi vektornoy optimizatsii / [Emelyanov S. V., Borisov V. I., Malevich A. A., Cherkashin A. M.] // *Itogi nauki i tehniki. Tehnicheskaya kibernetika*. — T.5. — M. : Izd-vo VINITI AN SSSR, 1973. — S. 386–448. [in Russian]

7. Podinovskiy V. V. Optimizatsiya po posledovatelno primenyaemyim kriteriyam / V. V. Podinovskiy, V. M. Gavrilov. — M. : Sov. radio, 1975. — 192 s. [in Russian]

8. Trahtengerts E. A. Kompyuternyye metodyi realizatsii ekonomicheskikh i informatsionnyih upravlencheskih resheniy. Tom 1. Metodyi i sredstva / E. A. Trahtengerts. — M. : SINTEG, 2009. — 172 s. [in Russian]

9. Trofimova L. A. Upravlencheskie resheniya (metodyi prinyatiya i realizatsii) : ucheb. posobie / L. A. Trofimova, V. V. Trofimov. — SPb. : Izd-vo SPbUEF, 2011. — 190 s. [in Russian]

10. Upravlenie proektami truboprovodnogo stroitelstva [Vasilev G. G., Goryainov Yu. A., Revazov A. M. i dr.]; pod obschey red. Yu. A. Goryainova. — M. : Lori, 2001. — 306 s. [in Russian]

11. Uchitel Yu. G. Razrabotka upravlencheskih resheniy : uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayuschihya po spetsialnosti «Antikrizisnoe upravlenie» i drugim ekonomicheskim spetsialnostyam, spetsialnosti «Menedzhment organizatsii» / Yu .G. Uchitel, A. I. Ternovoy, K. I. Ternovoy. — 2-e izd., pererab. i dop. — M. : YuNITI-DANA, 2007. — 383 s. [in Russian]

12. Regenwetter M. Approval voting, Borda Winners and Condorcet Winners: Evidence from seven Elections / M. Regenwetter, B. Grofman // Management Science. — 1998. — V. 44. — № 4. — P. 520–533.

Статтю подано до редакції 29.10.2018 р.

УДК 330.101.541:368.03

**Гарматюк К. А.**, аспірант кафедри  
інформаційного менеджменту,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана»

**Garmatyuk K. A.**, postgraduate,  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»

## **ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ФАКТОРІВ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ НА ДІЯЛЬНІСТЬ РИНКУ СТРАХУВАННЯ**

## **THE IMPACT ASSESTMENT OF MACROECONOMIC FACTORS IN ECONOMIC DEVELOPMENT ON THE INSURANCE MARKET**

*Анотація. У статті здійснено аналіз впливу макроекономічних факторів розвитку економіки на діяльність страхового ринку України з використанням кореляційно-регресійного аналізу. Проаналізовано та здійснено порівняння динаміки рівня макроекономічних показників і показників страхової діяльності за період 2006–2016 рр. Здійснено попередню сегментація макроекономічних факторів за внутрішньою економічною сутністю. Виокремлено фактори торговельної діяльності, промислового виробни-*



цтва та фінансової діяльності. Для врахування впливу інфляції макроекономічні показники наведені в доларовому еквіваленті, розрахунок базувався на обмінному курсі гривні до долара на початок кожного року. Досліджено вплив окремих макроекономічних показників на конкретний показник страхової діяльності методом парної кореляції. Проаналізовано загальний вплив усіх макроекономічних факторів на загальний стан страхового ринку України за допомогою методу багатфакторного кореляційно-регресійного аналізу. Обрання показників впливу на стан ринку страхування здійснено на основі попереднього оцінювання їх внутрішньої економічної сутності і значущості. Для оцінювання стану страхового ринку України обрано кілька основних показників, що характеризують його фінансову стійкість, відображають його стан у вигляді кількості договорів страхування, валових страхових премій та виплат, розміру активів страховиків. На основі оцінювання ступеня щільності кореляційного зв'язку виокремлено найзначущі показники, а саме ті, що не мають істотного впливу на діяльність ринку страхування, що дає змогу скоригувати наявну модель і збільшити її надійність. Надано пропозиції щодо розширення моделі додатковими даними та методами аналізу, запропонована сегментація як макроекономічних факторів, так і показників страхової діяльності за внутрішніми економічними ознаками.

**Ключові слова:** страховий ринок, макроекономічні показники, динаміка, кореляційно-регресійний аналіз.

*Anotation The article analyzes the influence of macroeconomic factors of economic development on the activity of the Ukrainian insurance market using correlation-regression analysis. The comparison of the dynamics of the level of macroeconomic indices and indicators of insurance activity for the period of 2006–2016 has been analyzed. The previous segmentation of macroeconomic factors by the internal economic essence has been carried out. Separated factors of trading activity, industrial production and financial activity. To take into account the influence of inflation, macroeconomic indicators are given in dollar terms, the calculation was based on the exchange rate of hryvnia to the dollar at the beginning of each year. The influence of individual macroeconomic indicators on a concrete indicator of insurance activity by means of the pair correlation method is investigated. The general influence of all macroeconomic factors on the general state of the insurance market of Ukraine by means of multivariate correlation-regression analysis is also researched. The selection of indicators of influence on the state of the insurance market is based on a preliminary assessment of their internal economic substance and significance. To assess the state of the insurance market in Ukraine, several key indicators that characterize its financial stability are selected, reflecting its status as the number of insurance contracts, gross insurance premiums and payments, and the size of the assets of insurers. Based on the assessment of the degree of correlation coupling density, the most significant indicators are identified, as well as those that have no significant impact on the insurance market activity, which makes it possible to adjust the existing model and increase its reliability. The offered suggestions for expanding the model by additional data and analysis methods, proposed segmentation as macroeconomic factors and indicators of insurance activity by internal economic characteristics.*

*Keywords: insurance market, macroeconomic indicators, dynamics, correlation-regression analysis.*

**Вступ.** Страховий ринок є органічною складовою будь-якої економічної системи в сучасному світі. Україна, долаючи шлях до євроінтеграції, не є виключенням. Страховий ринок забезпечує суттєві надходження до державного бюджету, сприяє збіль-

шенню фінансових операцій, що в свою чергу поліпшує загальний інвестиційний клімат країни. Зростання страхового ринку свідчить про сприятливий стан економіки загалом.

Дослідження стану ринку страхування в Україні покликано з'ясувати важливі аспекти та тенденції, що склалися за умов перманентної фінансової кризи, політичної та соціальної нестабільності. Дослідження динаміки основних показників страхового ринку та аналіз ступеня впливу макроекономічних показників на діяльність страхового ринку потрібне для побудови відповідної ефективної економічної та монетарної політики держави, яка має сприяти зміцненню та розвитку ринку страхування в Україні.

Європейський вектор розвитку, економічні виклики та потрясіння останнього десятиріччя значно впливали на низку основних макроекономічних факторів. Макроекономічні фактори, уособлюючи в собі головні чинники розвитку країни, безпосередньо впливають на стан і діяльність ринку страхування. Щоб з'ясувати це, слід дослідити динаміку та виявити ступінь впливу основних макроекономічних факторів, що відображають тенденції вітчизняного виробництва товарів, торгівлі, стану фінансових ринків на основні показники ринку страхування.

**Мета статті.** Метою статті є оцінювання впливу макроекономічних факторів розвитку економіки на стан і діяльність страхового ринку України.

Основною проблемою при комплексному дослідженні чинників, що впливають на стан страхового ринку, є сегментування та групування цих чинників залежно від їхньої економічної сутності та ступеню впливу на низку основних показників страхового ринку України. Макроекономічні фактори обрані в дослідженні мають різний економічний зміст, і таким чином мають різний ступінь впливу на показники страхової діяльності. Застосування методу кореляційно-регресійного аналізу дає можливість встановити певні причинно-наслідкові зв'язки між макроекономічними факторами та основними показниками страхового ринку, які характеризують його стан. Головною метою дослідження є побудова вірогідної математичної моделі, яка дає можливість виявити цільність зв'язку між досліджуваними показниками, відокремити ті макроекономічні фактори, що мають найбільший ступінь впливу, напрацювати додаткові кроки для вдосконалення існуючої моделі у вигляді додаткових методів аналізу та факторів впливу.

Аналізу впливу макроекономічних факторів на стан страхового ринку присвячено чимало як вітчизняних, так і закордонних

досліджень. Наприклад, у дослідженні факторів впливу на стан фінансової безпеки страхового ринку [5] проаналізована проблематика сегментації макроекономічних факторів на фінансовий стан страхового ринку. Автор розподіляє фактори за внутрішньою економічною сутністю на різні за економічним змістом групи, керуючись аналітичним припущенням щодо наявності певних властивостей у кожного окремого макроекономічного фактору. Також він розділяє фактори на негативні та позитивні, залежно від дій, що спричиняють ці фактори на фінансовий стан страхового ринку. Проаналізувавши такий підхід можемо виокремити найістотніші фактори впливу та з'ясувати щільність і напрям цього впливу за допомогою кореляційно-регресійного аналізу.

Не менш важливим є і виділення показників страхової діяльності, які повинні характеризувати стан страхового ринку в цілому. Публікації на тему аналізу оптимізації витрат страхової компанії [4] свідчать про істотний вплив макроекономічних факторів на діяльність страхових компаній, а, з іншого боку, існує інша група показників страхової діяльності, що уособлює в собі фактори, які безпосередньо залежать від якості менеджменту страховиків. Ця група факторів безпосередньо впливає на такі загальні показники страхової діяльності, як кількість договорів страхування, розмір страхових премій і виплат, розмір активів страховиків.

**Результати.** Обрання макроекономічних показників базувалося на припущенні щодо можливості впливу їх на страховий ринок України, спираючись на внутрішню сутність цих показників.

«Виділяють дві групи чинників, що впливають на ефективну діяльність страхових компаній. Перша група складається з чинників, які мають залежність від менеджменту страхової компанії, тобто є суто внутрішніми чинниками. До другої групи належать зовнішні щодо страховиків чинники — економічна та політична нестабільність, низький рівень доходів населення, недосконалість законодавства, тіньові схеми оптимізації оподаткування, адміністративна монополізація страхового ринку. Ці недоліки страховики самостійно, без відповідної державної підтримки, подолати не можуть» [4, с. 90].

Безпосередній вплив на діяльність ринку страхування повинні мати такі макроекономічні фактори:

оборот роздрібної торгівлі — показник, що свідчить як про загальний рівень торговельних операцій у країні, так і про купівельну спроможність населення;

заробітна плата номінальна — свідчить про забезпечення громадян грошима;

заборгованість із виплати заробітної плати — високий рівень заборгованості певною мірою може свідчити про гальмування економіки;

обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг) у промисловості — один з основних показників економічного стану країни;

експорт та імпорт товарів — опосередковано свідчить про економічний потенціал країни, адже в деяких випадках може спостерігатись збільшення споживання товарів і послуг вітчизняного виробництва;

обмінний курс гривні до долара — найважливіший показник стабільності економічної системи загалом;

облікова ставка НБУ — від цього показника безпосередньо залежить рівень кредитування та інтенсивність грошово-кредитних операцій;

грошова маса — готівка в обігу, переказні кошти у національній валюті, переказні кошти в іноземній валюті та інші кошти, цінні папери.

Стан страхового ринку можна оцінити кількісно у вигляді наступних показників страхової діяльності:

кількість договорів страхування — характеризує обсяг ринку страхування;

валові страхові премії — показник що безпосередньо характеризує платоспроможність страхувальників;

валові страхові виплати — характеризує ступінь інтенсивності відшкодування страхувальникам втрат унаслідок страхових випадків;

загальні активи страховиків — капіталізація страхових компаній.

Розглянемо динаміку макроекономічних факторів та основних показників страхового ринку. За допомогою кореляційно-регресійного аналізу з'ясуємо ступінь впливу основних макроекономічних показників, на рівень показників страхового ринку.

Більшість макроекономічних показників, що надає Державна служба статистики України, виражені у гривні. Для можливості оцінювання ступеня впливу інфляції, на макроекономічні показники, вони приведені до долара на початок кожного року.

На рис. 1–3 наведено динаміку макроекономічних показників за 2006–2016 рр., зображена на основі даних сайту Державної служби статистики України.

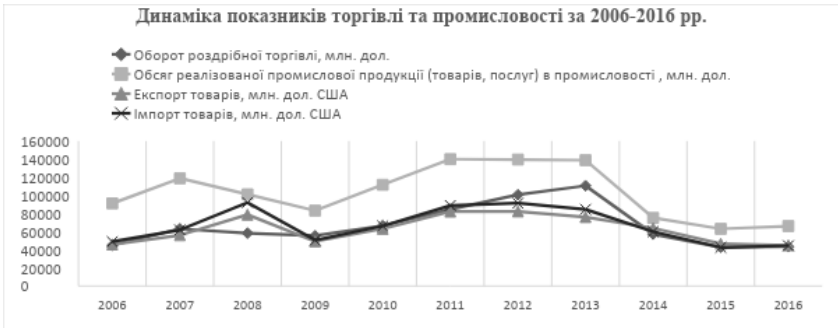


Рис. 1. Динаміка показників торгівлі та промисловості за 2006–2016 рр.

Наведені на рис. 1 дані свідчать про зростання обсягів торгівлі та промисловості за період 2006–2013 рр. та стрімке зменшення їх за період 2014–2016 рр., що зумовлено зниженням рівня промислового виробництва та торгівлі в Україні за ці роки. Так, оборот роздрібно́ї торгівлі за період 2014–2016 рр. знизився майже на 61 % та становив 43435 млн дол. у 2016 р., обсяг реалізованої промислової продукції знизився на 53 % і складав 66151 млн дол. у 2016 р., експорт товарів у 2016 році знизився до 44885 млн дол., імпорт товарів у 2016 році знизився до 44548 млн дол.

Аналізуючи динаміку грошової маси, номінальної заробітної плати та заборгованості по виплаті заробітної плати за період 2006–2016 рр. спостерігаємо майже таку ж тенденцію, що і з показниками торгівлі та промисловості. Заробітна номінальна плата у доларовому еквіваленті досягла в 2013 р. позначки 405 дол. за рік, грошова маса складала 41 млрд дол. у 2013 році.



Рис. 2. Динаміка показників грошової маси, заробітної плати та заборгованості по виплаті заробітної плати за 2006–2016 рр.

За період 2014–2016 рр. заробітна плата знизилась до 190 дол. за рік, поступаючись навіть рівню 2006 року, обсяг грошової маси скоротився на 76 % відповідно до 41 млрд дол. Заборгованість по виплаті заробітної плати демонструє стійке скорочення за весь досліджуваний період 2006–2016 рр. і в 2016 р. складала 75 млн дол.



Рис. 3. Динаміка показників обмінного курсу та облікової ставки за 2006–2016 рр.

Динаміка обмінного курсу (відношення гривні до долара) та облікової ставки НБУ демонструє ту саму тенденцію, що і інші показники монетарної політики, а саме відносну стабільність за період 2006–2013 рр. та стрімке зростання за період 2013–2016 рр. Так, у 2013 році обмінний курс гривні до долара складав практично 8 грн, а в 2016 р. уже становив 26,7. Облікова ставка за період 2014–2016 рр. зросла з 7 % у 2013 р. до 14 % у 2016 р.

Отже, за наведеною динамікою макроекономічних показників досліджуваний період можна поділити на два: період зростання економіки у 2006–2013 рр. і період її падіння у 2014–2016 рр.

На рис. 4 і 5 наведено динаміку показників страхового ринку, побудованої на базі інформації електронного інформаційного ресурсу зі страхування «Форіншурер».



Рис. 4. Динаміка кількості договорів страхових компаній за 2006–2016 рр.



Рис. 5. Динаміка валових страхових платежів та виплат, активів страховиків за 2006–2016 рр.

Динаміка показників страхового ринку за 2006–2016 рр. демонструє практично ті самі тенденції, що і динаміка макроекономічних факторів. Кількість договорів страхування досягла в 2013 році позначки 87329, а в 2016 році — 61273. Валові страхові премії у 2013 році знизилися до рівня 1318 і 331 млн. дол. відповідно. Загальні активи страховиків досягли у 2013 році 8309 млн. дол. і скоротилися до 2101 млн дол. у 2016 році.

Для з'ясування ступеню впливу розглянутих макроекономічних факторів на рівень показників страхового ринку, тобто на його реальний стан, потрібно використати економетричну модель. Економетрична модель повинна враховувати кореляційно-регресійний зв'язок між макроекономічними факторами та показниками страхової діяльності. Величина такого зв'язку дає змогу оцінити присутність чи відсутність певного зв'язку між показниками страхового ринку і макроекономічними факторами.

Введемо позначення:

$y_1$  — кількість договорів страхування;

$y_2$  — валові страхові премії, млн дол.;

$y_3$  — валові страхові виплати, млн дол.;

$y_4$  — загальні активи страховиків, млн дол.;

$x_1$  — оборот роздрібною торгівлі, млн дол.;

$x_2$  — заробітна плата номінальна, дол.;

$x_3$  — заборгованість із виплати заробітної плати, млн дол.;

$x_4$  — обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг) в промисловості, млн дол.;

$x_5$  — експорт товарів, млн дол.;

- $x_6$  — імпорт товарів, млн дол;  
 $x_7$  — обмінний курс гривні до долара;  
 $x_8$  — облікова ставка НБУ, %;  
 $x_9$  — грошова маса, млн дол.

Рівняння регресії для кожного показника страхового ринку мають такий вигляд:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= -143710,045 + 5,782 x_1 - 1415,808 x_2 + 573,086 x_3 + \\
 &+ 1,702 x_4 - 5,422 x_5 + 2,662 x_6 + 4769,476 x_7 + 6193,845 x_8 - \\
 &- 404,575 x_9, R_1^2 = 0,889; \\
 y_2 &= 413,313 + 0,005 x_1 - 17,592 x_2 + 8,732 x_3 + 0,0262 x_4 - \\
 &- 0,103 x_5 + 0,072 x_6 + 0,233 x_7 + 7,843 x_8 + 56,762 x_9, R_2^2 = 0,998; \\
 y_3 &= -2725,59 - 0,0742 x_1 + 22,615 x_2 + 5,605 x_3 - 0,002 x_4 - \\
 &- 0,033 x_5 + 0,036 x_6 + 16,54 x_7 + 56,127 x_8 + 8,349 x_9, R_3^2 = 0,988; \\
 y_4 &= 4734,283 + 0,013 x_1 - 3,525 x_2 - 4,831 x_3 - 0,026 x_4 - \\
 &- 0,001 x_5 - 0,0003 x_6 - 136,533 x_7 - 2,326 x_8 + 79,841 x_9, R_4^2 \cong 1,0.
 \end{aligned}$$

Високий рівень коефіцієнта  $R_j^2$  свідчить про значну залежність рівня показників страхового ринку від макроекономічних факторів.

Парні коефіцієнти кореляції між  $y_j$  і  $x_i$  наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**ЩІЛЬНІСТЬ ПАРНОГО КОРЕЛЯЦІЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ  
МАКРОЕКОНОМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ  
ТА ПОКАЗНИКАМИ СТРАХОВОГО РИНКУ**

Макроекономічний показник	Показник страхового ринку			
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$x_1$	0.0817	0.5922	0.2341	0.8642
$x_2$	- 0.0025	0.6566	0.3108	0.8931
$x_3$	- 0.6932	0.4806	0.5567	0.4059
$x_4$	- 0.2287	0.7966	0.4761	0.8998
$x_5$	- 0.1441	0.5153	0.3414	0.7091
$x_6$	- 0.2082	0.6237	0.4636	0.7509
$x_7$	0.6589	- 0.8979	- 0.7528	- 0.8164
$x_8$	0.5621	- 0.7859	- 0.5177	- 0.8021
$x_9$	- 0.0506	0.7598	0.4050	0.9494



За даними табл. 1 можна зробити висновок, що між показниками страхової діяльності та деякими макроекономічними факторами наявна певна щільність зв'язку. Найбільший обернений вплив на кількість договорів страхування чинить показник заборгованості по виплаті заробітної платні зі значенням коефіцієнта парної кореляції — 0,69. Це можна пояснити негативними наслідками в тенденції зменшення доходів населення при зростанні заборгованості в виплаті заробітної плати.

Спостерігається обернена залежність між величиною валових страхових премій і курсом гривні до долара з коефіцієнтом кореляції — 0,9. Негативний вплив на величину валових страхових премій чинить облікова ставка НБУ з коефіцієнтом кореляції — 0,79. Значною мірою на величину валових страхових премій впливає як обсяг реалізованої промислової продукції, так і обсяг грошової маси.

Валові страхові виплати так само обернено корелюють з курсом гривні до долара, щільність зв'язку складає  $-0.7528$ .

Взаємозв'язок між іншими показниками менш суттєвий.

На загальні активи страховиків суттєво впливають: обсяг грошової маси, обсяг реалізованої промислової продукції, величина заробітної плати, оборот роздрібною торгівлі, курс гривні до долара і облікова ставка НБУ.

Високий ступінь щільності зв'язку між наведеними показниками свідчить, з одного боку, про той факт, що падіння економіки безпосередньо впливає на стан страхового ринку, а з іншого — про недостатність поодинокого впливу окремих чинників на показники страхової діяльності. Цей вплив може бути значно більшим, якщо припустити присутність нелінійної залежності між показниками страхового ринку і макроекономічними факторами.

**Висновки.** Проведене дослідження свідчить про високий ступінь впливу розглянутих макроекономічних показників на стан страхового ринку України, насамперед, курсу гривні до долара, облікової ставки НБУ і грошової маси, тобто саме показники монетарної діяльності та фінансового стану економіки є головними формуючими факторами зростання ринку страхування в Україні. Зростання економіки за період 2006–2013 рр. призвело і до зростання страхового ринку України, а період 2014–2016 рр. характеризується економічним спадом із значним звуженням ринку страхування. Оцінювання показників у доларовому еквіваленті дало змогу дослідити зв'язок між досліджуваними показниками з урахуванням інфляційної складової в Україні.

## **Література**

1. Сайт Державної служби статистики України. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Сайт Національного банку України. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://bank.gov.ua>
3. Електронний інформаційний ресурс по страхуванню «Форіншурер». [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://forinsurer.com/>
4. Негрей М. В. Оптимізація управління діяльністю страхових компаній / М. В. Негрей, О. І. Муравська // Вісник Хмельницького національного університету, 2011. — № 3. — Т. 1. — С. 90–93.
5. Деркач О. М. Фактори впливу на стан фінансової безпеки страхового ринку / О. М. Деркач // Бізнес Інформ. — №6. — 2012. — С. 187–190.

## **References**

1. Sajt Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy. [Elektronnyj resurs] — Rezhym dostupu: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Sajt Natsional'noho banku Ukrainy. [Elektronnyj resurs] — Rezhym dostupu: <https://bank.gov.ua>
3. Elektronnyj informatsijnyj resurs po strakhuvanniu «Forinshurer». [Elektronnyj resurs] — Rezhym dostupu: <https://forinsurer.com/>
4. Nehrej M. V. Optymizatsiia upravlinnia diial'nistiui strakhovykh kompanij / M. V. Nehrej, O. I. Muravs'ka // Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu, 2011. — № 3. — Т. 1. — С. 90–93.
5. Derkach O. M. Faktory vplyvu na stan finansovoi bezpeky strakhovoho rynku / O. M. Derkach // Biznes Inform. — №6 — 2012. S. 187–190.

Статтю подано до редакції 26.09.2018 р.

**Данилюк Н.М.**,  
аспірант кафедри вищої математики,  
ДВНЗ «Київський національний  
економічний університет імені Вадима Гетьмана»

**Danylyuk N.M.**  
post-graduate student of the  
Department of Advanced Mathematics,  
SHEE «Kyiv National economical University named after Vadim Hetman »

## **ЗНАХОДЖЕННЯ РІВНЯ СУМІСНИХ ВИТРАТ НА СОЦІАЛЬНУ РЕКЛАМУ ПРОДАВЦЯ ТА ВИРОБНИКА ПРОДУКЦІЇ**

### **INCORPORATION OF GENERAL EXPENDITURE ON SOCIAL SELLER AND PRODUCER ADVERTISING**

*Анотація. У статті систематизовано основні підходи до визначення факторів впливу на формування доходів підприємств у вертикальних маркетингових каналах, математично обґрунтовано залежність доходів підприємств від витрат на рекламу (реklamних асигнувань). Показано, що прийняття управлінських рішень здійснюється із залученням більш ефективних механізмів координації підприємств з метою підвищення якості пропонованого продукту, сервісу обслуговування мереж постачання та споживачів, зниження ризиків і вартості поставок, а також підвищення якості обміну інформацією та участі у прибутках. Розкрито аспект підтримки стабільно позитивних фінансових результатів підприємств — учасників вертикальних маркетингових каналів — як визначення можливості інтеграції їх діяльності по всій довжині каналів товароруку. Визначено характер впливу рекламної кампанії на маркетингову діяльність підприємства за допомогою аналізу обсягів продажів, що здійснюються до та після проведення рекламної кампанії. Показано, що кооперативна реклама грає істотну роль у маркетингових програмах в системах постачання продукції в перерозподілі частини з асигнувань на рекламну діяльність як і для підприємств — виробників, так і для підприємств роздрібної торгівлі. Запропоновано модель впливу витрат на рекламу на обсяг збуту та прибуток підприємства у вигляді функціональних залежностей, а також модель рекламних асигнувань, що враховує час здійснення витрат на рекламу. Актуалізовано доцільність використання адаптивної моделі вибору ефективного обсягу асигнувань на рекламу та моделі планування витрат на рекламу з урахуванням поведінки підприємств — учасників вертикальних маркетингових каналів. Розглянуто рівновагу та нерівновагу конкуруючих підприємств за Нешем. Доведено, що результат застосування гри Неша пов'язує між собою індивідуальну вигоду та вигоду колективну. Подібний метод пропонує перехід від індивідуального прибутку кожного з учасників каналу, до формування сумісного прибутку, що дає можливість встановлення раціональної маркетингової політики в каналі виробничо-торговельних підприємств.*  
*Ключові слова: реклама, рекламна кампанія, рекламні асигнування, витрати на рекламу, вертикальний маркетинговий канал, доходи підприємства, стратегія стимулювання збуту, підприємство-виробник, посередник, прибуток, рівновага (нерівновага) Неша.*

*Abstract. In the article the basic approaches to determining the factors of influence on the formation of incomes of enterprises in vertical marketing channels are systematized; mathematically, the dependence of enterprise incomes on advertising costs (advertising allocations) is mathematically substantiated. It is shown that the adoption of managerial decisions is carried out with the help of more effective mechanisms of coordination of enterprises in order to improve the quality of the proposed product, service of supply networks and consumers, reduce the risks and cost of deliveries, and improve the quality of information exchange and profit participation. The aspect of maintaining stable financial results of enterprises — members of vertical marketing channels — is disclosed as the definition of the possibility of integrating their activities throughout the length of the channels of commodity turnover. The influence of the advertising campaign on the marketing activity of the enterprise by means of analysis of sales volumes carried out before and after the advertising campaign is determined. Co-operative advertising has been shown to play a significant role in marketing programs in product delivery systems in redistributing part of the allocations for advertising activities to both producers and retailers.*

*The model of the influence of advertising costs on the volume of sales and profit of the enterprise in the form of functional dependencies is proposed, as well as the model of advertising allocations that takes into account the time spent on advertising costs. Accepted expediency of using adaptive model of choice of effective amount of allocations for advertising and model of planning of advertising costs taking into account behavior of enterprises — participants of vertical marketing channels. The equilibrium and imbalance of competing enterprises according to Nash is considered. It is proved that the result of the application of the game Nash links between individual benefits and collective benefits. A similar method offers the transition from individual profit to each of the channel participants, to the formation of a joint profit, which makes it possible to establish a sound marketing policy in the channel of production and trade enterprises.*

*Keywords: advertising, advertising campaign, advertising allocations, advertising costs, vertical marketing channel, enterprise revenues, sales promotion strategy, manufacturing company, intermediary, profit, Nash balance (equilibrium).*

**Актуальність проблеми.** Дослідження процесу управління вертикальними маркетинговими каналами визначає стратегічний характер взаємозв'язків між підприємствами-виробниками та посередниками (дилерами або підприємствами роздрібно́ї торгівлі). Передумовою підтримки належного рівня взаємовідносин усередині маркетингових каналів є вирішення питань своєчасної закупівлі, спільного планування, управління постачанням, товарно-матеріальними запасами, логістики “третьої сторони”, здійснення кооперативної реклами, наприклад соціальної реклами, спільної розробки продукту тощо. У цьому контексті прийняття управлінських рішень здійснюється із залученням ефективніших механізмів координації підприємств з метою підвищення якості пропонуваного продукту, сервісу обслуговування мереж постачання та споживачів, зниження ризиків і вартості поставок, а також підвищення якості обміну інформацією та участі у прибутках.

Практика останніх десятиліть дослідження суспільно-економічних процесів сформувала можливість використання

потужного апарату теоретико-ігрових моделей для досягнення узгодження інтересів учасників вертикальних каналів товарору-ху, що працюють у різних галузях економіки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для визначення основних параметрів економіко-математичної моделі, що вико-ристовуватиметься для оцінки рівня доходів підприємств, варто систематизувати фактори впливу на формування доходів учасни-ків вертикальних маркетингових каналів. Важливим аспектом підтримки стабільно позитивних фінансових результатів підпри-ємств — учасників вертикальних маркетингових каналів є визна-чення можливості інтеграції їх діяльності по всій довжині каналів товароруку. Остання як запорука конкурентоспроможності підпри-ємства нерозривно пов'язана з особливостями галузі, в якій працює підприємство [2, 3].

У табл. 1 систематизовано інформацію про фактори впливу на формування доходів підприємств залежно від елементів виробни-чої стратегії та ринкових сегментів, у яких вони працюють [4].

*Таблиця 1*

**СПІВВІДНОШЕННЯ РІВНІВ МАРКЕТИНГОВОГО КАНАЛУ,  
ЕЛЕМЕНТІВ ВИРОБНИЧОЇ СТРАТЕГІЇ ТА ФАКТОРІВ ВПЛИВУ  
НА ФОРМУВАННЯ ДОХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ**

Рівень маркетингового каналу та сегмент ринку, де працює підприємство	Елементи виробничої стратегії підприємства	Фактор впливу на формування доходів підприємства
- формування лідерства - стратегічне реагування та окремі пропозиції послуг - форма організації маркетингового каналу - аналіз досвіду конкурентів	- стратегічні (забезпечують конкурентоспроможність продукту)	- витрати - якість продукту - розробка нового продукту (продуктова інновація) - стадія циклу продукту - спеціалізація - гнучкість реакції на зміни в попиті
- стратегічне реагування та окремі пропозиції послуг - організаційні культура та внутрішні характеристики підприємства	- структурні (проектування та визна-чення стратегії ланцюжка постачання)	- відносини з постачальниками - вертикальна інтеграція - злиття з іншими підприємст-вами - вилучення капіталовкладень
- організаційні культура та внутрішні характеристики підприємства - ринкова сегментація	- функціональні	- розробка нового продукту на власному ринку - управління якістю продукту - відносини з постачальниками - управління вартістю, якістю закупівель та гнучкістю поста-чальників

*Складено автором за даними джерел [4].*

Визначити характер впливу рекламної кампанії на маркетингову діяльність підприємства можна за допомогою аналізу обсягів продажів, що здійснюються до та після проведення рекламної кампанії. Результати такого аналізу формують досить ґрунтовну базу для визначення ефективності рекламної кампанії [5].

У роботі [11] представлено модель впливу витрат на рекламу на обсяг збуту та прибуток у вигляді таких функціональних залежностей, як функція реакції збуту, функція валового прибутку, функція витрат на маркетинг і функція чистого прибутку підприємства (рис. 1).

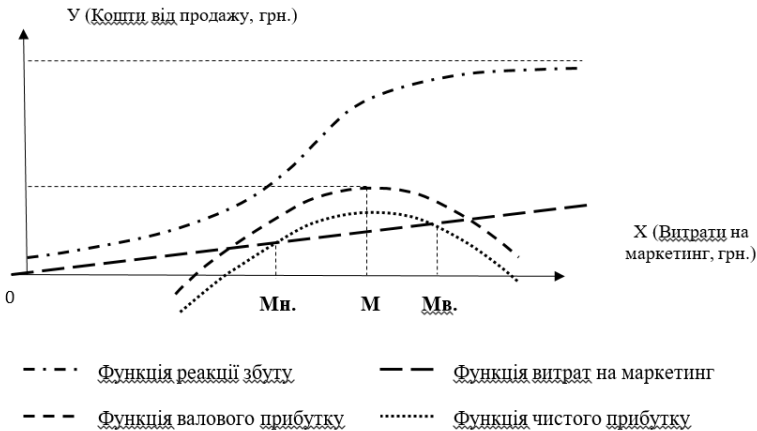


Рис. 1. Функціональні залежності обсягу збуту підприємства від маркетингових витрат

На рис. 1 проілюстровано вплив рекламної кампанії на динаміку продажів, коли функція реакції збуту збільшується через деякий час після досягнення часової відмітки  $M$ . У свою чергу, прямий вплив реклами починає зменшуватися. Оскільки нові споживачі продовжують купувати рекламований продукт, продажі досягають деякої стабільної відмітки, відповідно прибутки збільшуються у цій точці, тобто функція чистого прибутку досягає свого максимуму в точці  $M$  [11].

У роботі [6] представлено адаптивну модель вибору ефективного обсягу асигнувань на рекламу у вигляді:

$$M_1 = \langle Z^*, E_i, F_j, e_{ij} \rangle, \quad (1)$$

де  $z^*$  — цільова функція рекламної кампанії;

$E_i$  — типи обсягів асигнувань на рекламу;

$F_j$  — стани зовнішнього середовища;

$ej$  — обсяги асигнувань на рекламу.

Доцільно зазначити, що в роботі [7] адаптивність моделі вибору ефективного обсягу асигнувань на рекламу полягає у можливості структурної адаптації входів моделі. За досконалої конкуренції, коли учасників ринку багато, ціни на ринку не залежать від дій окремих виробників і споживачів. Якщо ж, навпаки, учасників ринку небагато, ціни не залежать від стратегій, що їх дотримуються суб'єкти ринку.

Витрати на рекламу як невід'ємна складова розробки рекламного бюджету формують базу розрахунку загального обсягу рекламних асигнувань, що в подальшому враховуються у формуванні кінцевих фінансових результатів підприємства-виробника, що працює в маркетинговому каналі.

У роботі [8] представлено модель планування рекламних асигнувань:

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \alpha_{jt} \beta_{jt} p_j k_{jt} s_t &\rightarrow \max, \\ \alpha_{jt} &= \sum_{i=1}^{n_{jt}-1} \alpha_j (1 - \alpha_j)^i, \\ \beta_{jt} &= \beta_{j0} \exp(-bt), \\ l_{jt} z_j &\leq n_{jt} \leq u_{jt} z_j, \\ \underline{z} &\leq \sum_{j=1}^J z_j \leq \bar{z}, \\ \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J c_{jt} n_{jt} &\leq B, \end{aligned} \tag{2}$$

де  $t$  — індекс часу,  $t = \overline{1, T}$ ;  $j$  — індекс носія реклами,  $j = \overline{1, J}$ ;

$n_{jt}$  — кількість рекламних звернень у носії  $j$  у період часу  $t$ ;

$\alpha_{jt}$  — загальна частка потенційних споживачів;

$\beta_{jt}$  — імовірність здійснення купівлі у носії  $j$  у період часу  $t$ ;  
 $p_j$  — розмір цільової аудиторії носія  $j$ ;  
 $k_{jt}$  — сезонний показник розміру цільової аудиторії для носія  $j$  у період часу  $t$ ;  
 $s_t$  — середній потенціал збуту розглянутого ринкового сегмента в період часу  $t$ ;  
 $a_j$  — імовірність того, що рекламне звернення буде помічено;  
 $\beta_{j0}$  — імовірність здійснення покупки після споживання реклами в період часу  $t = 0$ ;  
 $b$  — швидкість забування рекламної інформації;  $l_{jt}, u_{jt}$  — відповідно мінімальна та максимальна кількості звернень;  
 $z_j$  — Булева змінна, що приймає значення “1”, якщо підприємство вирішило розмістити свою рекламу в носії  $j$ , і “0” — в іншому випадку;  $\underline{z}, \bar{z}$  — відповідно мінімальна та максимальна кількості обраних носіїв;  
 $c_{jt}$  — вартість розміщення рекламного звернення у носії  $j$  у період часу  $t$ ;  
 $B$  — величина рекламного бюджету.

Така модель, на нашу думку, дає змогу з мінімальними витратами досягти максимального охоплення цільової аудиторії. Питання побудови моделі ефективної взаємодії учасників вертикального маркетингового каналу з метою максимізації прибутків всередині каналу є актуальним з точки зору точного розрахунку витрат на рекламу у структурі загальних витрат підприємств (виробника і посередника).

**Метою роботи** є систематизація знань теоретико-ігрових моделей, що використовуються для дослідження особливостей взаємодії підприємств — учасників вертикальних каналів товарору-ху, з урахуванням витрат на рекламу як ключового фактора впливу на формування доходів цих підприємств і знаходження рівня сумісних витрат на соціальну рекламу продавця та виробника продукції.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Характер впливу факторів на формування доходів підприємств нерозривно пов'язаний із обраною стратегією стимулювання збуту. Стратегії стимулювання збуту зазвичай передбачають використання такого інструменту маркетингових комунікацій, як реклама. Оскільки



існування ефективного маркетингового каналу неможливе без взаємодії його учасників для досягнення максимальних прибутків всередині каналу, варто звернути увагу на те, що дії підприємств-виробників, посередників та споживачів повинні бути скоординовані. При цьому, не останню роль відіграє процес формування витрат на рекламу підприємств-виробників, що взаємодіють з посередниками у вертикальних каналах товароруху, оскільки обсяг цих витрат впливає не тільки на формування доходів виробників, але й на можливість отримання цінових знижок посередниками та оцінку загальної ефективності роботи в маркетингових каналах.

Розглянемо логістичний ланцюжок зв'язку: підприємство-виробник — підприємство-продавець, яке закуповує товар у підприємства-виробника. Підприємство-виробник — значне і велике, виступає на ринку в групі лідерів і витрачає кошти на соціальну рекламу своєї продукції. Соціальна рекламна компанія такого підприємства направлена на посилення іміджу бренду в очах потенційних споживачів на загальнонаціональному ринку та формує їх купівельні цінності.

Так звана кооперативна соціальна реклама грає істотну роль у маркетингових програмах в системах постачань продукції в перерозподілі частини з асигнувань на кооперативну рекламну діяльність як і для підприємств-виробників, так і для підприємств роздрібно торгівлі.

У роботі [9] автори запропонували динаміку ціноутворення і задачу кооперованої реклами за тривалий період часу, порівняли координовані стратегії доходу з не координованими, а потім проаналізували, як координоване рішення могло бути підтримане протягом тривалого часу.

Саме тому, проблема, пов'язана з кооперованою рекламою і стратегіями ціноутворення в логістичному ланцюжку — підприємство-виробник — підприємства роздрібно торгівлі, є актуальною.

Схема кооперативної реклами в системах постачань продукції наступна: у типовому каналі розподілу вхідний потік даних виходить з підприємства — виробника певного продукту, який просуває свій продукт через соціальну рекламу [10]. Вихідний потік даних доходить до підприємства роздрібно торгівлі, яке, зазвичай, рекламує цей продукт у своєму локальному ринку, щоб викликати короткостроковий продаж. Отже, постає питання про розглядання такої ситуації, у якій прибутки являються найвищими і для підприємства-виробника і для підприємства роздрібно торгівлі.

влі, а також, необхідності розподілу їх додаткового спільного прибутку, направлено на кооперацію.

Підкреслимо, що на ринку підприємство-виробник встановлює стійкі зв'язки з підприємством роздрібною торгівлі, що обумовлюється встановленням  $\Psi$  — трансфертної ціни одиниці продукції виробника для продавця. У свою чергу, продавець встановлює свою ціну одиниці продукції  $\zeta$  з урахуванням вартості одиниці виробу  $d$  у підприємства роздрібною  $f(\zeta) = \alpha - \beta \cdot \zeta$ ,  $\alpha, \beta \in R$  торгівлі, а також трансфертної ціни виробника [11, 14].

Розглянемо функціональну залежність попиту на деякий товар  $f(\zeta)$  від ціни одиниці продукції  $\zeta$ , що встановлює продавець. Функція  $f(\zeta)$  визначається статистично у вигляді лінійної:

$$f(\zeta) = \alpha - \beta \cdot \zeta, \quad \alpha, \beta \in R \quad (3)$$

і виражає залежність попиту від ціни.

Функція реакції рекламних асигнувань  $\varphi(a, q)$  від двох змінних ( $q$  — витрат на соціальну рекламу виробником продукції,  $a$  — рівня рекламних витрат продавця) була запропонована в роботах [12, 13] у вигляді:

$$\varphi(a, q) = A - \frac{B}{a^\gamma q^\delta}, \quad A, B > 0, \quad a, q > 0, \quad \gamma + \delta = 1. \quad (4)$$

Розглянемо функцію прибутку виробника продукції за умови, коли враховується таке відрахування на соціальну рекламу, які виробник погоджується розподілити з продавцем, враховуючи при цьому рівень реклами підприємства роздрібною торгівлі. Аналогічно розглянемо функцію прибутку підприємства роздрібною торгівлі.

Сформуємо формули прибутків відповідно для підприємства-виробника  $\Pi_\psi$  і для підприємства роздрібною торгівлі  $\Pi_\zeta$  у вигляді:

$$\Pi_\psi = (\psi - c)(\alpha - \beta\zeta) \left( A - \frac{B}{a^\gamma q^\delta} \right) - ha - q, \quad (5)$$

$$\Pi_{\zeta} = (\zeta - \psi - d)(\alpha - \beta\zeta) \left( A - \frac{B}{a^{\gamma} q^{\delta}} \right) - (1-h)a \quad (6)$$

де  $\Psi$  — трансфертна ціна одиниці продукції виробника,

$\zeta$  — ціна одиниці продукції продавця,

$h$  — витрати на рекламу, які підприємство-виробник погоджується розподілити з продавцем,

$c$  — собівартість одиниці продукції у підприємства-виробника,

$d$  — вартість одиниці виробу у підприємства роздрібної торгівлі,

$a$  — рівень рекламних витрат продавця,

$q$  — витрати на соціальну рекламу виробником продукції,

$$\alpha, \beta \in R, A, B > 0, a, q > 0, \gamma + \delta = 1.$$

Маючи функції прибутку підприємства-виробника та підприємства роздрібної торгівлі, розглядаючи в кожному окремому випадку статистичні дані специфіки підприємства, щодо попиту та рекламних асигнувань не тільки на соціальну рекламу, а і на сумісну рекламу з підприємством роздрібної торгівлі, — можна вирішувати задачу оптимізації прибутку.

Розглянемо прибуток сумісної взаємодії підприємства-виробника та для підприємства роздрібної торгівлі. Знаходимо суму  $\Pi_{\psi} + \Pi_{\zeta}$ :

$$\begin{aligned} \Pi_{\psi+R} &= (\psi - c)(\alpha - \beta\zeta) \left( A - \frac{B}{a^{\gamma} q^{\delta}} \right) - ha - q + \\ &+ (\zeta - \psi - d)(\alpha - \beta\zeta) \left( A - \frac{B}{a^{\gamma} q^{\delta}} \right) - (1-h)a = \\ &= (\psi - c + \zeta - \psi - d)(\alpha - \beta\zeta) \left( A - \frac{B}{a^{\gamma} q^{\delta}} \right) - ha - q - a + ah, \end{aligned}$$

або

$$\Pi_{\psi+\zeta} = \Pi = (\zeta - c - d)(\lambda - \beta\zeta) \left( A - \frac{B}{a^{\gamma} q^{\delta}} \right) - a - q. \quad (7)$$

За умови гри Неша, припускаючи, що виробник і ритейлер приймають свої рішення одночасно при рівних відповідних маржах, і, коли функція прибутку виробника та дилера залежать від однакової кількості незалежних змінних, — отримані такі результати за таких умов, якщо  $\zeta = 2x_v$ ,  $\psi = \frac{1}{3}$ ,  $\xi = \frac{2}{3}$ ,  $h = 0$ , тоді маємо аналітичний вираз рівня рекламних витрат продавця та витрат на соціальну рекламу виробником продукції у вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \left[ \frac{\gamma}{9} \cdot \left( \frac{\gamma}{\delta} \right)^\delta \right]^{\frac{1}{\gamma + \delta + 1}}, \\ q = \frac{\delta}{\gamma} \cdot a. \end{array} \right. \quad (8)$$

На рис. 2 представлена функція (5) при  $\gamma = (0;1)$  а)  $\delta = 0,1$ , б)  $\delta = 0,55$ , в)  $\delta = 0,9$

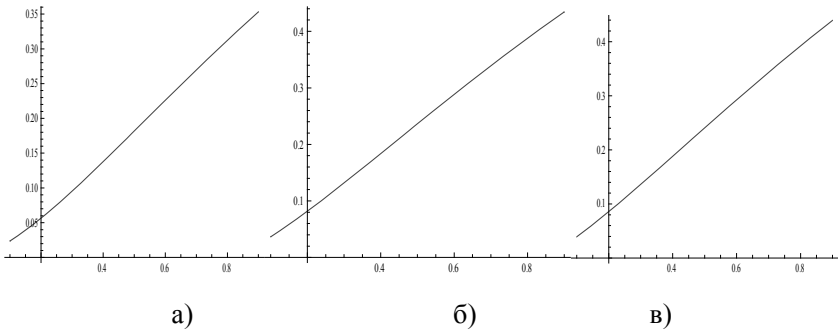


Рис. 2. Функція витрат на соціальну рекламу виробником продукції  $a(\gamma, \delta)$  за умови гри Неша при  $\gamma = (0;1)$  а)  $\delta = 0,1$ , б)  $\delta = 0,55$ , в)  $\delta = 0,9$

На рис. 3 представлено функцію (6) при  $\gamma = (0;1)$  а)  $\delta = 0,1$ , б)  $\delta = 0,55$ , в)  $\delta = 0,9$

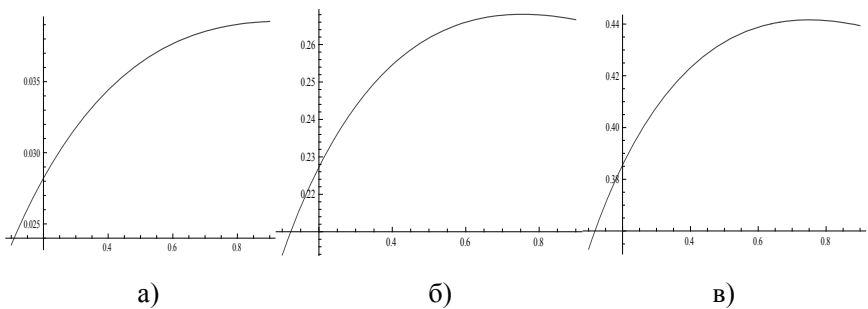


Рис. 3. Функція рівня рекламних витрат на соціальну рекламу продавця  $q(\gamma, \delta)$  за умови гри Неша при  $\gamma = (0; 1)$  а)  $\delta = 0,1$ , б)  $\delta = 0,55$ , в)  $\delta = 0,9$

Слід зауважити, що рівновага Неша існує для «інших» гравців для усіх можливих ходів лідера. Вважається, що «інші» гравці обов'язково виберуть «у відповідь» на хід лідера саме рівновагу Неша.

Таким чином, результат застосування гри Неша пов'язує між собою індивідуальну вигоду та вигоду колективну. Подібний метод пропонує перехід від індивідуального прибутку кожного з учасників каналу, до формування сумісного прибутку, що дає можливість встановлення раціональної маркетингової політики в каналі виробничо-торговельних підприємств.

**Висновки.** Вирішення поставленої задачі врахування витрат на сумісну соціальну рекламу у системі інших факторів, що впливають на формування доходів підприємств — учасників вертикальних маркетингових каналів дає змогу сформулювати оптимальну структуру механізму управління прибутком підприємства з меншими фінансовими витратами. Останнє відіграє важливу роль у процесі стимулювання збуту та визначає характер взаємовідносин між підприємством-виробником і роздрібним посередником.

### Література

1. Блудова Т.В. Теорія ймовірностей: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Т.В. Блудова; ред.: В.С. Мартиненко; НБУ. Львів. банк. ін-т. — Л.: ЛБІ НБУ, 2005. — 318 с.
2. Chintagunta, P. K., & Jain, D. (1992). A dynamic model of channel member strategies for marketing expenditures. *Marketing Science*, 11(2), 168–188.

3. Choi, S. (1991). Price competition in a channel structure with a common retailer. *Marketing Science*, 10(4), 271–296.
4. Гаркавенко С.С. Маркетинг. Підручник. — 4-е вид. доп. — Київ: Лібра, 2006. — 720 с.
5. Nagler, M. G. (2006). An exploratory analysis of the determinants of cooperative advertising participation rates. *Marketing Letters*, 17, 91–102.
6. Блудова Т.В., Кулик А.Б. Mathematical modelling of investing strategy for a milk processing enterprise. *Actual Problems of Economics / Aktual'ni Problemi Ekonomiki*. 2014, Vol. 160 Issue 10, p. 428–436.
7. Блудова Т.В., Токар В.В. Моделювання інноваційно-інвестиційної діяльності в контексті економічної безпеки підприємства // *Ефективна економіка*, 2013. — № 2. Фахове видання. [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=1826>
8. Ching-Shih Tsou, Hsiao-Hua Fang, Hui-Chiung Lo, Chih-Ho Huang A Study of Cooperative Advertising in a Manufacturer-Retailer Supply Chain, *International Journal of Information and Management Sciences* 20 (2009), 15-26
9. Miao-Sheng Chen, Horng-Jinh Chang, Chih-Wen Huang, Chin-Nung Liao, Channel coordination and transaction cost: A game-theoretic analysis, *Industrial Marketing Management* 35 (2006) 178 — 190.
10. Susan X. Lia, Zhimin Huang, Joe Zhu, Patrick Y.K. Chau Cooperative advertising, game theory and manufacturer-retailer Supply chains, *The International Journal of Management Science “Omega”* 30 (2002) p. 347 — 357.
11. *Котлер Ф. Маркетинг менеджмент.* — СПб.: Питер Ком, 1999. — 896 с. (Серия “Теория и практика менеджмента”).
12. Bruce Mallen. Functional Spin-off: A Key to Anticipating Change in Distribution Structure // *Journal of Marketing*. 37:3. 1973. July, 18-25.
13. Judith M. Schmitz, Robb Frankel, and David J. Frayer. Vertical Integration without Ownership: The Alliance Alternative // *Association of Marketing Theory and Practice Annual Conference Proceedings*. 1994. Spring, 391–396.
14. Peter F. Drucker. The Economy’s Power Shift // *The Wall Street Journal*. 1992. September 24. P. A-16.

### **References**

1. Bludova T.V. *Teoriya ymovirnostey: Navch. posib. dlya stud. vyshch. navch. zakl.* / T.V. Bludova; red.: V.S. Martynenko; NBU. Lviv. bank. in-t. — L.: LBI NBU, 2005. — 318 с.
2. Chintagunta, P. K., & Jain, D. (1992). A dynamic model of channel member strategies for marketing expenditures. *Marketing Science*, 11(2), 168–188.

3. Choi, S. (1991). Price competition in a channel structure with a common retailer. *Marketing Science*, 10(4), 271–296.
4. Harkavenko S.S. *Marketynh. Pidruchnyk*. — 4-e vyd. dop. — Kyiv: Libra, 2006. — 720 s.
5. Nagler, M. G. (2006). An exploratory analysis of the determinants of cooperative advertising participation rates. *Marketing Letters*, 17, 91–102.
6. Bludova T.V., Kulyk A.B. Mathematical modelling of investing strategy for a milk processing enterprise. *Actual Problems of Economics / Aktual'ni Problemi Ekonomiki*. 2014, Vol. 160 Issue 10, p. 428–436.
7. Bludova T.V., Tokar V.V. Modelyuvannya innovatsiyno-investytsiynoyi diyalnosti v konteksti ekonomichnoyi bezpeky pidpryyemstva // *Efektivna ekonomika*, 2013. — № 2. Fakhove vydannya. [Elektronnyy resurs] — Rezhym dostupu: <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?operation=1&iid=1826>
8. Ching-Shih Tsou, Hsiao-Hua Fang, Hui-Chiung Lo, Chih-Ho Huang A Study of Cooperative Advertising in a Manufacturer-Retailer Supply Chain, *International Journal of Information and Management Sciences* 20 (2009), 15–26.
9. Miao-Sheng Chen, Horng-Jinh Chang, Chih-Wen Huang, Chin-Nung Liao, Channel coordination and transaction cost: A game-theoretic analysis, *Industrial Marketing Management* 35 (2006) 178–190.
10. Susan X. Lia, Zhimin Huang, Joe Zhu, Patrick Y.K. Chau Cooperative advertising, game theory and manufacturer–retailer Supply chains, *The International Journal of Management Science “Omega”* 30 (2002) p. 347–357.
11. Kotler F. *Marketynh menedzhment* — SPb.: Pyter Kom, 1999. — 896 s.: yl. (Seryya “Teoryya y praktyka menedzhmenta”).
12. Bruce Mallen. Functional Spin-off: A Key to Anticipating Change in Distribution Structure // *Journal of Marketing*. 37:3. 1973. July, 18–25.
13. Judith M. Schmitz, Robb Frankel, and David J. Frayer. Vertical Integration without Ownership: The Alliance Alternative // *Association of Marketing Theory and Practice Annual Conference Proceedings*. 1994. Spring, 391–396.
14. Peter F. Drucker. The Economy’s Power Shift // *The Wall Street Journal*. 1992. September 24. P. A-16.

Статтю подано до редакції 11.10.2018 р.

**Т.О. Зінькевич**, к.е.н., доцент кафедри корпоративних фінансів і контролінгу,  
**В.П. Лісовська**, канд. фіз. — мат. наук, доцент кафедри вищої математики,  
**В.Д. Стасюк**, к.пед.н, доцент кафедри вищої математики,  
ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

**Tetyana Zinkevych**, Ph.D., assistant professor of corporate finance and controlling  
**Valentyna Lisovska**, Ph.D., assistant professor of Higher mathematics  
**Varvara Stasiuk**, Ph.D., assistant professor of Higher mathematics  
SHEE «Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman»

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕЯКИХ МОДЕЛЕЙ СПОЖИВЧОГО ВИБОРУ

### RESEARCH OF SOME MODELS OF CONSUMER CHOICE

*Анотація. У статті досліджено функцію споживчої корисності при стандартному бюджетному обмеженні, вивчається приклад споживчого вибору товарів першої потреби і товарів розкоші, досліджується питання про те, чи буде попит на товари першої потреби обмеженим, якщо дохід прямує до нескінченності. Основою споживчого вибору покупця є його переваги. Вибір споживача визначається як його перевагами, так і ціною обраної продукції, а також його доходом. При цьому припускається, що такий вибір приносить покупцеві найбільшу корисність в умовах бюджетного обмеження.*

*Для опису зміни структури харчування запропоновано модифіковану функцію споживчої корисності Р. Стоуна. У даній роботі знаходяться функції попиту, що максимізують функцію корисності при певному бюджетному обмеженні. Показано, що попит на перший товар із зростанням доходу зростає, тобто перший товар є нормальним.*

*Розглянуто питання про те, як змінюється попит на перший товар при зміні його ціни. Доведено, що перший товар є товаром Гіффена, оскільки з ростом ціни попит на нього зростає і, відповідно, падає зі зниженням ціни.*

*В даній роботі розглянуто як модель споживчого вибору, що характеризує особливості оптимального вибору споживача в різних ситуаціях, так і модифікована модель Стоуна. При цьому вважаємо, що один товар дешевше іншого. Зокрема, вивчається питання про те, чи є вказані товари взаємозамінними (взаємодоповнювальними), чи нормальними (цінними або малоцінними) або товарами Гіффена. Зокрема, розглядається споживчий набір із двох товарів. Доведено, що якщо дохід прямує до нескінченності, то попит на товари першої потреби є обмеженим і прямує до сталої величини, а попит на товари розкоші необмежено зростає.*

*У роботі показано, що перший товар є “товаром першої необхідності”, а другий товар — “товаром розкоші”.*



Розглядаються приклади споживчого вибору в просторі двох товарів при корисностях, що задаються певними функціями. Знаходяться функції попиту, що максимізують функції корисності при заданому бюджетному обмеженні. З'ясовується, чи залежить попит на кожний товар від зміни цін на інші товари. Доведено співвідношення, яке означає, що в точці дотику бюджетної прямої до її кривої байдужості, нахили (кутові коефіцієнти) ліній (кривої байдужості та бюджетної прямої) однакові. Показано, що попит на перший товар не залежить від ціни на другий товар, а попит на другий товар залежить від ціни на перший товар. Ключові слова: функція споживчої корисності, функція попиту для товарів першої необхідності та розкоші, взаємодоповнювальні товари, модифікована модель Стоуна.

*Summary. The article examines the consumer utility function, which characterizes the features of the optimal choice under the standard budget constraint, examines the example of consumer choice of essential goods and luxury goods, examines whether the demand for essential goods will be limited if income tends to infinity. The basis of consumer choice of the buyer are its advantages. Consumer choice is determined by both its benefits and the price of the selected product, as well as its income. In this case, it is assumed that such a choice brings the buyer the greatest benefit in terms of budget constraints.*

*To describe the change in the structure of food proposed a modified function of consumer preferences R. Stone. In this paper, there are demand functions that maximize the utility function with some budget constraint. It is shown that the demand for the first product from the increase in income increases, that is, the first product is normal. The question of how the demand for the first product changes when its price changes. It is proved that the first product is a product of Giffen, as with the growth of prices, the demand for it increases and, accordingly, decreases with a decrease in price.*

*In this paper, we consider both the consumer choice model, which characterizes the peculiarities of the optimal consumer choice in different situations, and the modified Stone model. At the same time, we consider that one product is cheaper than another is. In particular, the question is being studied of whether these goods are interchangeable (complementary), or normal (valuable or low value), or Giffen's goods. In particular, the consumer set of two products is considered. It is proved that if income tends to infinity, then the demand for essential goods is limited and tends to a constant value, while the demand for luxury goods increases unlimited.*

*The paper shows that the first product is a "commodity of prime necessity", and the second product is a "luxury product".*

*An example of consumer choice in the space of two goods with utilities that are defined by certain functions is considered. Demand functions are found that maximize utility functions at a given budget constraint. It turns out whether the demand for each product depends on price changes for other products. The relationship shows that in the point of tangency the slope of the budget line is the same as the slope of the indifference curve. It is shown that the demand for the first good is not dependent on the price of the second good and the demand for the second good is dependent on the price of the first good.*

*Keywords: function of consumer utility, function of the demand for the goods of prime necessity and luxury goods, complementary goods, modified Stone model.*

**Вступ.** У роботі розглянуто одну з моделей споживчого вибору, що характеризує особливості оптимального вибору споживача в різних ситуаціях.

Розглянемо приклад споживчого вибору в просторі двох товарів  $R_+^2$  при корисності, що задається функцією:

$$U(x_1, x_2) = x_1^\alpha \cdot x_2^{\beta-\alpha} \cdot (x_1 + \beta - \alpha)^{-\beta}, \quad x_1, x_2 \geq 0, \quad (1)$$

де  $\alpha, \beta$  задовольняють умовам:  $\alpha > 0, \beta > \alpha$ . При цьому вважаємо, що один товар дешевше іншого. Потрібно знайти функції попиту  $x_i$ , що максимізують функцію корисності (1) при бюджетному обмеженні:

$$\sum_{i=1}^2 p_i \cdot x_i \leq I, \quad (2)$$

де  $p_i$  — ціна одиниці  $i$ -го товару,  $I$  — величина доходу, з'ясувати, чи залежить попит на кожний товар від зміни цін на інші товари, а також дослідити функції попиту для  $I \rightarrow +\infty$ . Також з'ясуємо питання про те, чи є товари взаємозамінними, чи, можливо, нормальними (цінними або малоцінними), чи товарами Гіффена. А також розглянемо модифіковану функцію споживчої корисності Р. Стоуна (1) і (2).

**Постановка проблеми.** Одним з основних елементів будь-якої економічної системи є споживачі. Існують різні математичні моделі поведінки окремого споживача. Головна проблема раціонального ведення господарства споживачем полягає у вирішенні питання про те, яку кількість наявних товарів він повинен придбати за певний проміжок часу при заданих цінах і споживчому доході [7, с. 14].

Будемо вважати, що  $I$  — дохід (капітал) споживача, який він готовий витратити на придбання товарів. Ціни товарів вважаються заданими. Враховуючи структуру цін, дохід і власні переваги, споживач купує певну кількість товарів (благ), і математична модель такої його поведінки називається моделлю споживчого вибору (розглянемо дві моделі). Нехай є споживчий набір з двох благ (товарів). Вважається, що споживач про кожні два набори може сказати, що один з них — більш бажаний, ніж інший, або споживач не бачить між ними різниці. На множині споживчих наборів  $(x_1, x_2)$  визначена функція  $U(x_1, x_2)$  (так звана функція корисності споживача). Кожний споживач має, взагалі кажучи, свою функцію корисності. Задача раціональної поведінки споживача на ринку полягає у виборі такого споживчого набору

$(x^*_1, x^*_2)$ , який максимізує його функцію корисності при заданому бюджетному обмеженні [1, с. 139].

Далі розглянемо задачу про зміну структури харчування. Зниження рівня доходів, що охопило з початку 1990-х років велику частину населення України, негативно відбилосся на структурі харчування. Згідно з даними, в останньому десятилітті ХХ ст. знизилосся споживання майже всіх продуктів харчування. Виняток становлять картопля і хлібобулочні вироби. Для опису зміни структури харчування запропоновано модифіковану функцію споживчої корисності Р. Стоуна.

Загальна теорія споживчого вибору розглянута, зокрема, в роботах [1–3, 5, 7–9], в яких розглянуто низку найпоширеніших економіко-математичних моделей, пов'язаних з теоріями споживання, виробництва, заощаджень, загальної економічної рівноваги, тощо. Потреба в точних кількісних моделях при господарюванні та веденні ділових операцій була усвідомлена давно. Споживачі є одними з основних елементів будь-якої економічної системи [7]. Математичні моделі поведінки споживача (це може бути індивід, сім'я, домашнє господарство, тощо, члени яких мають спільний споживчий бюджет) розглянуті у роботах англійського економіста Стоуна Дж. Р., Слуцького Е.Е., Колемаєва В.А. та ін. У роботі [7] розглянуто низку важливих прикладів, що розкривають особливості оптимального вибору споживача в різних ситуаціях.

У даній роботі вивчається приклад споживчого вибору товарів першої потреби і товарів розкоші, досліджується питання про те, чи буде попит на товари першої потреби обмеженим, якщо дохід  $I \rightarrow +\infty$ , а також питання про те, чи є вказані товари взаємозамінними (взаємодоповнювальними), чи нормальними (цінними або малоцінними) або товарами Гіффена. Також з'ясовується питання про те, чи залежить попит на кожний товар від зміни цін на інший товар.

Для опису зміни структури харчування запропоновано модифіковану функцію споживчої корисності Р. Стоуна таким чином:

$$u(x) = (x_1 + x_2 - b)x_2^{\alpha_2} \prod_{k=3}^n (x_k - a_k)^{\alpha_k}, \quad (3)$$

де  $x_k$  — кількість товару,  $a = const$ ;  $a$  — необхідна кількість товару  $k$ , що купується в будь-якому випадку і не є предметом вибору;  $a_k$  — постійні коефіцієнти, що характеризують відносну ступінь пе-

реваги товару  $k$ ;  $b$  — необхідна сумарна кількість двох взаємозамінних товарів.

Потрібно відшукати функції попиту  $x_k$ , що максимізують функцію корисності  $u(x)$  при бюджетному обмеженні

$$\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i = I, \quad (4)$$

де  $p_i$  — ціна одиниці товару  $i$ , причому вважаємо, що  $p_2 > p_1$ , а  $I$  — величина доходу. Маємо задачу на знаходження екстремуму функції (3) за умови (4).

### **Виклад основного змісту.**

У моделі споживання Стоуна розглядається споживач із загальною мультиплікативною функцією корисності

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = c \cdot \prod_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^{\alpha_i},$$

зокрема, вивчається функція попиту Р.Стоуна вигляду

$$U(y_1, y_2) = (y_1 - a_1)^{c_1} \cdot (y_2 - a_2)^{c_2},$$

де  $(a_1, a_2, c_1, c_2)$  — задані константи, причому  $c_1 + c_2 = 1$ .

Розглянемо, зокрема, приклад вибору споживачем товарів першої потреби і товарів розкоші. Об'єднаємо товари першої потреби в комплексні товари № 1, а товари розкоші — в комплексні товари № 2. Нехай  $x_1, x_2$  — відповідно кількість одиниць товарів № 1 і № 2, а  $p_1, p_2$  — ринкові ціни однієї одиниці товарів № 1 і № 2 відповідно. Вибір товарів першої потреби і товарів розкоші можна подати функцією корисності вигляду (1).

Нехай дохід (капітал)  $I$  споживача, який він готовий витратити на придбання товарів, перевищує вартість мінімального споживчого кошика  $\bar{x} = (x_1, x_2) \geq 0$ , тобто має місце стандартне бюджетне обмеження (2). Задачу споживчого вибору можна замінити задачею на умовний екстремум функції (1) за умови (2). Визначимо функції попиту  $x_1^* = \varphi_1(p_1, p_2, I)$ ,  $x_2^* = \varphi_2(p_1, p_2, I)$  відповідно на товари № 1 та № 2, які характеризують оптимальний вибір споживача. Ця задача зводиться до знаходження максимуму функції корисності (1) при бюджетному обмеженні (2).

Застосуємо теорему Куна-Такера, яка дає достатні умови оптимальності розв'язку  $x_1^*, x_2^*$  задачі (1), (2). Функція Лагранжа [4–6] має вигляд

$$L(x_1, x_2, \lambda) = U(x_1, x_2) + \lambda(I - \sum_{i=1}^2 p_i x_i),$$

тобто

$$L(x_1, x_2, \lambda) = x_1^\alpha \cdot x_2^{\beta-\alpha} \cdot (x_1 + \beta - \alpha) + \lambda(I - p_1 x_1 - p_2 x_2).$$

Знайдемо частинні похідні  $\frac{\partial L}{\partial x_1}, \frac{\partial L}{\partial x_2}, \frac{\partial L}{\partial \lambda}$ :

$$\frac{\partial L}{\partial x_1} = x_2^{\beta-\alpha} (\alpha \cdot x_1^{\alpha-1} (x_1 + \beta - \alpha)^{-\beta} + x_1^\alpha (-\beta) \cdot (x_1 + \beta - \alpha)^{-\beta-1}) - \lambda p_1,$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_2} = x_1^\alpha \cdot (x_1 + \beta - \alpha)^{-\beta} \cdot (\beta - \alpha) \cdot x_2^{\beta-\alpha-1} - \lambda p_2, \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda} = I - p_1 x_1 - p_2 x_2.$$

Необхідними умовами оптимальності розв'язку  $x_1^*, x_2^*$  і множника  $\lambda^*$  є рівність нулю частинних похідних по всім змінним [5]:  $\frac{\partial L}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial L}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0$ .

Оптимальне споживання  $(x_1^*, x_2^*)$  задовольняє систему рівнянь:

$$\begin{cases} \left( \alpha \frac{x_1^\alpha}{x_1} \cdot (x_1 + \beta - \alpha)^{-\beta} + x_1^\alpha \cdot \frac{(x_1 + \beta - \alpha)^{-\beta}}{x_1 + \beta - \alpha} \cdot (-\beta) \right) x_2^{\beta-\alpha} - \lambda p_1 = 0, \\ x_1^\alpha \frac{x_2^{\beta-\alpha}}{x_2} \cdot (x_1 + \beta - \alpha)^{-\beta} \cdot (\beta - \alpha) - \lambda p_2 = 0, \\ I - p_1 x_1 - p_2 x_2 = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Розв'язок системи (5) лежить на прямій  $I - p_1 x_1 - p_2 x_2 = 0$ , або

$\left( \frac{x_1}{I/p_1} + \frac{x_2}{I/p_2} = 1 \right)$ , яка називається бюджетною прямою. Пара значень  $(x_1^*, x_2^*)$ , що є оптимальним розв'язком системи (5) при зазначенні

ченні  $\lambda^*$  є точкою дотику бюджетної прямої до кривої байдужості  $U(x_1, x_2) = U(x_1^*, x_2^*) = \text{const}$ .

З урахуванням (1), система (5) набуде вигляду

$$\begin{cases} \frac{\alpha}{x_1} \cdot U + \frac{U}{x_1 + \beta - \alpha} \cdot (-\beta) - \lambda p_1 = 0, \\ \frac{U}{x_2} \cdot (\beta - \alpha) - \lambda p_2 = 0, \\ p_2 x_2 = I - p_1 x_1, \end{cases} \quad \text{звідки} \quad \begin{cases} \frac{U}{\lambda} = p_1 \cdot \frac{x_1(x_1 + \beta - \alpha)}{\alpha(x_1 + \beta - \alpha) - x_1 \beta}, \\ \frac{U}{\lambda} = \frac{p_2 x_2}{\beta - \alpha}, \\ p_2 x_2 = I - p_1 x_1. \end{cases}$$

Підставимо  $p_2 x_2$  з третього рівняння останньої системи у друге і потім  $\frac{U}{\lambda}$  з другого рівняння — в перше, послідовно знайдемо

$$\begin{cases} p_2 x_2 = I - p_1 x_1, \\ \frac{U}{\lambda} = \frac{I - p_1 x_1}{\beta - \alpha}, \\ \frac{I - p_1 x_1}{\beta - \alpha} = \frac{p_1 x_1 (x_1 + \beta - \alpha)}{\alpha x_1 + \alpha(\beta - \alpha) - \beta x_1}. \end{cases} \quad (6)$$

Розв'яжемо останнє рівняння системи (6) відносно  $x_1$ :

$$\frac{I - p_1 x_1}{\beta - \alpha} = \frac{p_1 x_1 (x_1 + \beta - \alpha)}{\alpha x_1 + \alpha(\beta - \alpha) - \beta x_1},$$

$$(I - p_1 x_1) \cdot (\alpha - \beta) \cdot (x_1 - \alpha) = -(\alpha - \beta) p_1 x_1 (x_1 + \beta - \alpha).$$

Оскільки  $\beta > \alpha$  (за умовою), то останнє рівняння поділимо на  $\alpha - \beta$ ,

дістанемо  $(I - p_1 x_1) \cdot (x_1 - \alpha) = -p_1 x_1 (x_1 + \beta - \alpha)$ , або

$$I \cdot x_1 - p_1 x_1^2 - I\alpha + \alpha p_1 x_1 + p_1 x_1^2 + p_1 \beta x_1 - p_1 \alpha x_1 = 0, \quad x_1(I + p_1 \beta) = I\alpha, \quad \text{звідки}$$

$$x_1 = \frac{I\alpha}{I + \beta p_1}. \quad (7)$$

Підставимо (7) в перше рівняння системи (6), виконаємо послідовно перетворення та знайдемо  $x_2$ :

$$x_2 = \frac{I(I + p_1(\beta - \alpha))}{p_2(I + \beta p_1)}. \quad (8)$$

Оскільки

$$\lim_{I \rightarrow +\infty} x_2^* = \lim_{I \rightarrow +\infty} \frac{I^2 + Ip_1(\beta - \alpha)}{p_2I + p_2p_1\beta} = \left[ \frac{\infty}{\infty} \right] = \lim_{I \rightarrow +\infty} \frac{1 + \frac{p_1}{I}(\beta - \alpha)}{p_2\left(\frac{1}{I} + \frac{\beta p_1}{I^2}\right)} = \infty,$$

$$\lim_{I \rightarrow +\infty} x_1^* = \lim_{I \rightarrow +\infty} \frac{I\alpha}{I + \beta p_1} = \left[ \frac{\infty}{\infty} \right] = \lim_{I \rightarrow +\infty} \frac{\alpha}{1 + \frac{\beta p_1}{I}} = \alpha, \text{ тому другий то-}$$

вар є “товаром розкоші”, а перший товар не є “товаром розкоші”. Він є “товаром першої необхідності”.

Отже, функція попиту для предметів першої необхідності  $x_1^*$  визначається за формулою (7), при цьому маємо, що попит на перший товар не залежить від ціни на другий товар, а функція попиту для предметів розкоші  $x_2^*$  — за формулою (8), звідки видно, що попит на другий товар залежить від ціни на перший товар.

Тоді оптимальний множник Лагранжа

$$\lambda^* = \frac{U \cdot (\beta - \alpha)}{p_2 x_2} = \frac{U(\beta - \alpha) \cdot p_2(I + \beta p_1)}{p_2 I(I + p_1(\beta - \alpha))} = \frac{(\beta - \alpha) \cdot (I + \beta p_1)}{I(I + p_1(\beta - \alpha))} \cdot U.$$

Оскільки

$$\frac{\partial x_1^*}{\partial p_1} = -\frac{I\alpha\beta}{(I + p_1\beta)^2} < 0 \quad \text{і} \quad \frac{\partial x_2^*}{\partial p_2} = -\frac{I(I + p_1(\beta - \alpha))}{p_2^2(I + p_1\beta)} < 0,$$

то кожний товар (перший і другий) є нормальними, тобто зростання ціни товару призводить до зменшення попиту на нього.

Розглянемо функцію (6) попиту першого товару. Частинна похідна її за доходом має вигляд

$$\frac{\partial x_1^*}{\partial I} = \frac{\alpha(I + \beta p_1) - I\alpha}{(I + p_1\beta)^2} = 0 = \frac{\alpha\beta p_1}{(I + \beta p_1)^2} \quad \text{і} \quad \frac{\partial x_1^*}{\partial I} > 0, \text{ оскільки } \alpha, \beta, p_1 \text{ (а}$$

тому і їхній добуток) більше нуля. У цьому випадку попит на пе-

рший товар із зростанням доходу зростає, тобто перший товар є нормальним, більше того, цінним товаром. Інакше, зниження доходу тягне за собою зниження попиту і на перший, і на другий товари. Нормальний товар не може бути товаром Гіффена.

Знайдемо  $\frac{\partial x_2}{\partial I}$ :

$$\frac{\partial x_2}{\partial I} = \frac{(2I + p_1(\beta - \alpha))(I + p_1\beta) - I(I + p_1(\beta - \alpha))}{(I + p_1\beta)^2} \cdot \frac{1}{p_2} = \frac{I^2 + 2Ip_1\beta + p_1^2\beta(\beta - \alpha)}{p_2(I + p_1\beta)^2} > 0,$$

оскільки  $\beta > \alpha$ .

Отже, і другий товар є нормальним, також цінним товаром.

Знайдемо  $\frac{\partial x_2}{\partial p_1}$  та  $\frac{\partial x_2}{\partial p_2}$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial x_2}{\partial p_2} = 0, \quad \frac{\partial x_2}{\partial p_1} &= \frac{1}{p_2} \cdot \frac{I(\beta - \alpha)(I + \beta p_1) - (I^2 + Ip_1(\beta - \alpha))\beta}{(I + p_1\beta)^2} = \frac{I}{p_2(I + p_1\beta)^2} \times \\ &\times (I\beta - I\alpha + p_1\beta^2 - p_1\alpha\beta - I\beta - p_1\beta^2 + p_1\alpha\beta) = -\frac{I^2\alpha}{p_2(I + p_1\beta)^2} < 0. \end{aligned}$$

Непряма функція корисності споживача має вигляд:

$$\begin{aligned} V(p, I) &= U(x_1^*, x_2^*) = (x_1^*)^\alpha (x_2^*)^{\beta - \alpha} (x_1^* + \beta - \alpha)^{-\beta} = \\ &= \left( \frac{I\alpha}{I + p_1\beta} \right)^\alpha \left( \frac{I(I + p_1(\beta - \alpha))}{p_2(I + p_1\beta)} \right)^{\beta - \alpha} \left( \frac{I\alpha}{I + p_1\beta} + \beta - \alpha \right)^{-\beta} = \\ &= \frac{I^\alpha \alpha^\alpha I^{\beta - \alpha} (I + p_1(\beta - \alpha))^{\beta - \alpha} (I + p_1\beta)^\beta}{(I + p_1\beta)^{\alpha + \beta - \alpha} p_2^{\beta - \alpha} (I\alpha + I\beta - I\alpha + p_1\beta(\beta - \alpha))^\beta} = \frac{I^\beta \alpha^\alpha p_2^\alpha (I + p_1(\beta - \alpha))^{\beta - \alpha}}{p_2^\beta (\beta(I + p_1(\beta - \alpha)))^\beta}, \end{aligned}$$

тобто

$$U(x_1^*, x_2^*) = \left( \frac{I}{p_2\beta} \right)^\beta \frac{(\alpha p_2)^\alpha}{(I + p_1(\beta - \alpha))^\alpha}.$$

Продиференціюємо останню рівність за змінною  $I$ , отримуємо

$$\frac{\partial V}{\partial I} = \frac{(\alpha p_2)^\alpha}{(\beta p_2)^\beta} \frac{\partial}{\partial I} \left( \frac{I^\beta}{(I + p_1(\beta - \alpha))^\alpha} \right) = \frac{\alpha^\alpha}{\beta^\beta} p_2^{\alpha - \beta} \frac{I^{\beta - 1} (\beta - \alpha) (I + p_1\beta)}{(I + p_1(\beta - \alpha))^{\alpha + 1}},$$

причому  $\frac{\partial V}{\partial I} > 0$ .



Із другого рівняння системи (6), з урахуванням (8), (9) знайдемо  $\lambda = \frac{U(\beta - \alpha)}{I - p_1 x_1} = \frac{\beta - \alpha}{I - p_1} \cdot \frac{I\alpha}{I + p_1\beta} \cdot \left(\frac{I}{p_2\beta}\right)^\beta \frac{(\alpha p_2)^\alpha}{(I + p_1(\beta - \alpha))^\alpha} =$

$$= \frac{(\beta - \alpha)(I + p_1\beta)}{I^2 + I p_1\beta - I p_1\alpha} \cdot \frac{I^\beta (\alpha p_2)^\alpha}{(p_2\beta)^\beta (I + p_1(\beta - \alpha))^\alpha} = \frac{I^{\beta-1}(\beta - \alpha)(I + p_1\beta)}{(I + p_1(\beta - \alpha))^{\alpha+1}} \cdot \frac{\alpha^\alpha}{\beta^\beta} \cdot p_2^{\alpha-\beta} = \Lambda(p_1, p_2, I) -$$

функція граничної корисності доходу споживача. Отже, маємо,  $\Lambda = \frac{\partial V}{\partial I}$ .

Знайдемо граничні корисності споживача за  $i$ -тим товаром, і враховуючи (7), (8), дістанемо співвідношення

$$\frac{1}{p_1} \cdot \frac{\partial U}{\partial x_1^*} = \frac{1}{p_2} \cdot \frac{\partial U}{\partial x_2^*}. \quad (9)$$

Дійсно,

$$\frac{\partial U}{\partial x_1^*} = \alpha (x_1^*)^{\alpha-1} (x_2^*)^{\beta-\alpha} (x_1^* + \beta - \alpha)^{-\beta} + (x_1^*)^\alpha (x_2^*)^{\beta-\alpha} (-\beta) (x_1^* + \beta - \alpha)^{-\beta-1} = \frac{I^{\alpha-1} \alpha^{\alpha-1}}{(I + p_1\beta)^{\alpha-1}} \times$$

$$\frac{I^{\beta-\alpha} (I + p_1(\beta - \alpha))^{\beta-\alpha}}{p_2^{\beta-\alpha} (I + p_1\beta)^{\beta-\alpha}} \cdot \frac{(\alpha - \beta)(-\alpha p_1\beta)}{\left(\frac{(I - \alpha p_1 + p_1\beta)\beta}{I + p_1\beta}\right)^{\beta+1}} = \frac{\alpha^\alpha (\beta - \alpha) p_1 I^{\beta-1} (I + p_1\beta)}{\beta^\beta p_2^{\beta-\alpha} (I + p_1(\beta - \alpha))^{\alpha+1}} > 0.$$

$$\frac{\partial U}{\partial x_2^*} = (x_1^*)^\alpha (x_1^* + \beta - \alpha)^{-\beta} (\beta - \alpha) (x_2^*)^{\beta-\alpha-1} = \left(\frac{I\alpha}{I + p_1\beta}\right)^\alpha \frac{(\beta - \alpha) \left(\frac{I(I + p_1(\beta - \alpha))}{p_2(I + p_1\beta)}\right)^{\beta-\alpha-1}}{\left(\beta - \alpha + \frac{I\alpha}{I + p_1\beta}\right)^\beta} =$$

$$= \frac{I^\alpha \alpha^\alpha}{(I + p_1\beta)^\alpha} \cdot \frac{(\beta - \alpha) I^{\beta-\alpha-1} (I + p_1(\beta - \alpha))^{\beta-\alpha-1}}{\left(\frac{I\beta - I\alpha + p_1\beta^2 - p_1\alpha\beta + I\alpha}{I + p_1\beta}\right)^\beta p_2^{\beta-\alpha-1} (I + p_1\beta)^{\beta-\alpha-1}} = \frac{\alpha^\alpha (\beta - \alpha) I^{\beta-1} (I + p_1\beta)}{\beta^\beta p_2^{\beta-\alpha-1} (I + p_1(\beta - \alpha))^{\alpha+1}}.$$

Отже,

$$p_2 \cdot \frac{\partial U}{\partial x_1^*} = p_1 \cdot \frac{\partial U}{\partial x_2^*}, \text{ або } \frac{1}{p_1} \cdot \frac{\partial U}{\partial x_1^*} = \frac{1}{p_2} \cdot \frac{\partial U}{\partial x_2^*}.$$

Аналогічно вище викладеному алгоритму, складемо функцію Лагранжа для задачі (3), (4). Прирівнюючи до нуля частинні по-

хідні від функції Лагранжа, знайдені по  $x_i$ , з урахуванням (4) отримаємо систему алгебраїчних рівнянь, розв'язуючи яку, знайдемо

$$x_1 = b + \frac{1}{p_1} \left( I - p_1 b - \sum_{k=3}^n p_k a_k \right) \frac{p_2 - (1 + \alpha_2) p_1}{(p_2 - p_1) \sum_{i=1}^n \alpha_i}, \quad (10)$$

$$x_2 = \frac{\alpha_2}{(p_2 - p_1) \sum_{i=1}^n \alpha_i} \left( I - p_1 b - \sum_{k=3}^n p_k a_k \right), \dots, \quad x_k = a_k + \frac{\alpha_k}{p_k \sum_{i=1}^n \alpha_i} \left( I - p_1 b - \sum_{k=3}^n p_k a_k \right).$$

Обчислимо частинну похідну  $\frac{\partial x_1}{\partial I}$ . Маємо

$$\frac{\partial x_1}{\partial I} = \frac{p_2 - (1 + \alpha_2) p_1}{p_1 (p_2 - p_1) \sum_i \alpha_i}. \quad (11)$$

Знак цієї похідної визначається за знаком чисельника. Якщо виконується умова

$$p_2 > (1 + \alpha_2) p_1, \quad (12)$$

то похідна (11) більше нуля. У цьому випадку попит на перший товар із зростанням доходу зростає, тобто перший товар є нормальним. При цьому, як випливає з (10), перший товар купується в кількості, що перевищує  $b$ . Розглянемо, як змінюється попит на перший товар при зміні його ціни.

Частинна похідна від величини попиту на перший товар за його ціною має вигляд

$$\frac{\partial x_1}{\partial p_1} = \frac{1}{\sum_i \alpha_i} \left( \alpha_2 \frac{\sum_{k=3}^n p_k a_k + b p_2 - I}{(p_2 - p_1)^2} - \frac{I - \sum_{k=3}^n p_k a_k}{p_1^2} \right). \quad (13)$$

Ця похідна може приймати як додатні, так і від'ємні значення. Додатне значення похідної (13) означає, що перший товар є товаром Гіффена, оскільки в цьому випадку з ростом ціни попит на нього зростає і, відповідно, падає зі зниженням ціни. Легко отримати

мати умову, при якій похідна (13) невід’ємна. З нерівності  $\frac{\partial x_1}{\partial p_1} > 0$  впливає наступний критерій для ефекту Гіффена:

$$I - \sum_{k=3}^n p_k a_k < \alpha_2 p_2 b / \left[ (p_2 / p_1 - 1)^2 + \alpha_2 \right]$$

**Висновки.** Розглянуто споживчий набір із двох товарів. Досліджено функцію споживчої корисності (1). Доведено, що для  $I \rightarrow +\infty$  попит на товари першої потреби є обмеженим і прямує до  $\alpha$ , а попит на товари розкоші необмежено зростає. Доведено умову (9), яка означає, що в точці дотику бюджетної прямої, яка описується рівнянням  $I - p_1 x_1^* - p_2 x_2^* = 0$ , до її кривої байдужості  $U(x_1^*, x_2^*) = const$  нахили (кутові коефіцієнти) ліній (кривої байдужості та бюджетної прямої) однакові. Для модифікованої моделі Р.Стоуна (3), (4) виведено критерій для ефекту Гіффена.

### Література

1. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике. — М. : Издательство “Дело и Сервис”, 2001. — 368 с.
2. Колемаев В.А. Математическая экономика. Учебник для вузов. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. — 399 с.
3. Ланге О. Оптимальные решения [Текст] / О. Ланге; пер. с пол. В.Д. Меникера. — М.: Прогресс, 1967. — 287 с.
4. Лісовська В.П., Манжос Т.В. Про ефект централізації управління запасами за нормально розподіленого попиту/ «Матем. та комп’ютерне моделювання». Серія: фізико-матем.науки: Зб. наук. праць — Кам’янець-Подільський, 2012. Вип. 7. — с. 175–185.
5. Лісовська В.П., Перестюк М.О. Вища математика. Практикум: навч. посіб.: у 2-х ч. — ч. I. — К. : КНЕУ, 2009. — 720 с.; ч. II. — К. : КНЕУ, 2012. — 443 с.
6. V. Lisovska, V. Stasiuk. The study of one model rational consumer behavior on the market. Reporter of the Priazovskiy state technical university. Section: Economic sciences:Collection of scientific works.-Mariupol, Issue 34. — 2017. — 460 s. (s. 118–126).
7. Пономаренко О.І., Перестюк М.О., Бурим В.М. Сучасний економічний аналіз: У 2-х ч. — ч. I. Мікроекономіка: Навч. посіб. — К. : Вища шк., 2004. — 262 с.
8. Цуриков А.В., Цуриков В.И. Об одной модели потребительского выбора // Экономика и мат. методы. – 2004. – том 40. – № 3. – С. 110–114.

9. Цуриков А.В. Микроэкономический анализ поведения хозяйствующего субъекта/ А.В.Цуриков. В.И. Цуриков; М-во с.-х. РФ. — Кострома: Изд-во КГСХФ, 2004. — 156 с.

### References

1. Zamkov O.O., Tolstopiatenko A.V., Cheremnykh Yu.N. Matematycheskiye metody v ekonomyke.-M.:Yzdatelstvo “Delo y Servys”, 2001. — 368 s. (Zamkov O.O., Tolstopyatenco A.V., Cheremnykh Yu.N. Mathematical methods in economics. — M.: Publishing house “Business and Service”, 2001. — 368 p.) [in Russian].

2. Kolemaev V.A. Matematycheskaia ekonomyka. Uchebnyk dlia vuzov. — M.: IuNYTY-DANA, 2005. — 399 s. (Kolemaev V.A. Mathematical economics. Textbook for universities. — M.: UNITY-DANA, 2005. — 399 p.) [in Russian].

3. Lanhe O. Optymalnye reshenyia [Tekst] / O. Lanhe; per. s pol. V.D.Menykera. — M.: Prohress, 1967. — 287 s. (Lange O. Optimal solutions [Text] / O. Lange; per. with a floor V.D.Meniker. — M.: Progress, 1967. — 287 p.) (Lisovskaya VP, Manzhos T.V. On the effect of centralizing inventory management for normally distributed demand / Mat. and computer simulation. " Series: Physics and Mathematics. Sci. sciences Works — Kamyanets-Podilsky, 2012. Vip. 7. — p. 175–185) [in Russian].

4. Lisovska V.P., Manzhos T.V. Pro efekt tsentralizatsii upravlinnia zapasamy za normalno rozpodilenoho popyt u/ «Matem. ta kompiuterne modeliuvannia». Serii: fizyko-matem.nauky: Zb. nauk. prats — Kamianets-Podilskyyi, 2012. Vyp. 7. — s. 175–185 [in Ukrainian].

5. Lisovska V.P., Perestiuk M.O. Vyshcha matematyka. Praktykum: navch. posib.: u 2-kh ch. — ch. I. — K.: KNEU, 2009. — 720 s.; ch. II. — K.: KNEU, 2012. — 443 s. (Lisovskaya V.P., Perestyuk M.O. Higher mathematics. Workshop: tutor. manual: in 2 hours — ch. I. — K.: KNEU, 2009–720 s.; p. II. — K.: KNEU, 2012. 443 p.) [in Ukrainian].

6. V. Lisovska, V. Stasiuk. The study of one model rational consumer behavior on the market. Reporter of the Priazovskyi state technical university. Section: Economic sciences:Collection of scientific works. — Mariupol, Issue 34. — 2017. — 460 s. (s.118–126) [in English].

7. Ponomarenko O.I., Perestiuk M.O., Buryim V.M. Suchasnyi ekonomichnyi analiz: U 2-kh ch. — ch. I. Mikroekonomika: Navch. posib. — K.: Vyshcha shk., 2004. — 262 s. (Ponomarenko OI, Perestyuk MO, Burim VM Contemporary Economic Analysis: In 2 ch. I. Microeconomics: Teaching. manual. — K.: Higher School, 2004. — 262 pp.) [in Ukrainian].

8. Tsurykov A.V., Tsurykov V.Y. Ob odnoi modeli potrebytelskoho vybora. Ekonomyka y mat. metody, 2004, tom 40, № 3, s. 110–114. (Tsurykov A.V., Tsurykov V.I. On one model of consumer choice. Economy and mat. methods, 2004, vol. 40, no. 3, pp. 110–114) [in Russian].

9. Tsurykov A.V. Mykroekonomycheskyi analiz povedenyia khoziaistvuiushcheho sub'yekta/ A.V.Tsurykov. V.Y. Tsurykov; M-vo s.-kh.

RF. — Kostroma: Yzd-vo KHSKhf, 2004. — 156 s. (Tsurikov A.V. Micro-economic analysis of the behavior of an economic entity / A.V.Tsurikov. IN AND. Tsurikov; M-s. RF. — Kostroma: Publishing house KGSHF, 2004. — 156 p.) [in Russian].

Статтю подано до редакції 23.10.2018 р.

УДК 330.46

**Камінський О.Є.**, к.е.н., доцент,  
доцент кафедри інформаційного менеджменту,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет ім. Вадима Гетьмана»

**Kaminsky O. E., Ph.D.**, associate professor  
Associate Professor of Information Management Department,  
SHEE «Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman»

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ МІГРАЦІЇ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ ПІДПРИЄМСТВ ДО ДИНАМІЧНОГО ХМАРНОГО СЕРЕДОВИЩА**

## **METHODOLOGICAL BASES OF MIGRATION OF IT INFRASTRUCTURE INTO A DYNAMIC CLOUD ENVIRONMENT**

*Анотація. За останні кілька років парадигма хмарних обчислень набрала чинності і стала популярною у сфері інформаційних технологій. Багато організацій приступили до реалізації хмарних технологій, прагнучи знизити витрати за рахунок поліпшеної віртуалізації машин, меншого часу на адміністрування і зниження витрат на інфраструктуру. Як показує світова практика, хмарні технології є ефективними та досить надійними, навіть для надання послуг державним органам найрозвиненіших світових держав.*

*Подібний тренд спостерігається у всіх країнах ЄС, де використання хмарних обчислень уже стали фактично стандартом у багатьох сферах соціально-економічних відносин. Парадигма хмарних обчислень є складовою нової промислової революції та має потенціал, який може забезпечити технологічний стрибок до якісно нового стану вітчизняної ІТ-індустрії, що дуже важливо для економіки України. При побудові та використанні хмарних сервісів виникає необхідність прийняття значної кількості технічних, управлінських та фінансових рішень. У статті викладено теоретико-методологічні підходи до визначення суті та особливостей оцінювання придатності ІТ-інфраструктури підприємства до міграції у динамічне хмарне середовище та оптимізації вибору провайдерів для розгортання динамічних хмарних сервісів, які будуть складати хмарну ІТ-інфраструктуру підприємства. Запропоновано економетричну модель*

оптимізації вибору хмарних провайдерів при використанні динамічної архітектури хмарного сервісу, яка дозволяє користувачам купувати послуги від кількох хмарних провайдерів, кожен з яких пропонує послуги різних рівнів хмари. Впровадження на підприємствах хмарних сервісів з динамічною архітектурою допоможе досягти більших переваг порівняно зі стандартною архітектурою. Розроблена модель допоможе приймати більш структуровані та якісні рішення щодо перенесення ІТ-інфраструктури підприємств до хмар.

Ключові слова: хмарні обчислення, модель, міграція, хмарні сервіси, компоненти хмарних обчислень, інформація, управління, оцінювання, прийняття рішень.

*Annotation. Over the past few years, the paradigm of cloud computing has come into force and became popular in the field of information technology. Many organizations have begun to implement these cloud technologies in order to reduce costs by improving virtualization of machines, reduce administration time and reduce infrastructure costs. As the world's practice shows, cloud technologies are efficient and quite reliable even to provide services to public authorities of most developed world's nations. A similar trend is observed in all countries the EU where the use of cloud computing has become the de facto standard in many areas of socio-economic relations. The paradigm of cloud computing is an integral part of the new industrial revolution and has potential that can provide technological leap to a qualitatively new state of the domestic IT industry, which is very important for the Ukrainian economy. When building and using cloud services, it becomes necessary to make a significant amount of technical, management and financial decisions. The article outlines theoretical and methodological approaches to determining the essence and characteristics of assessing the suitability of an enterprise's IT infrastructure for migration to a dynamic cloud environment and optimizing the choice of providers for deploying dynamic cloud services that will make up the enterprise's cloud IT infrastructure. An econometric model is proposed for optimizing the choice of cloud providers using the dynamic architecture of the cloud service, which allows users to buy services from several cloud providers, each of which offers services to different cloud levels. Implementing a dynamic architecture with cloud-based enterprise services will help achieve greater benefits compared to using standard architecture services. The developed model will help to make more structured and high-quality decisions when transferring the IT infrastructure of enterprises to the clouds.*

*Keywords: cloud computing, model, migration, cloud services, cloud computing components, information, management, evaluation, decision making.*

**Постановка проблеми.** Незважаючи на зростаючу кількість досліджень у даному напрямку, питання міграції ІТ-інфраструктур підприємств до хмарних середовищ в ІТ-сфері України та економічні наслідки такого впровадження у вітчизняній економічній науці поки недостатньо вивчені. Існують різні аспекти (з позицій бізнесу, технології, економіки), які можуть істотно впливати на загальний успіх переходу до використання хмарних обчислень на підприємстві, тому не має єдиної методики такого переходу.

Розвиток парадигми хмарних обчислень в Україні приведе до того, що всі апаратно-програмні компоненти ІТ-інфраструктури

підприємств мігруватимуть до хмар зовнішніх провайдерів, які й виконуватимуть функції сторони, що відповідає за забезпечення системи ресурсами, необхідними для її роботи. Відповідно, ІТ-інфраструктура підприємства складатиметься з трьох складових:

а) апаратно-програмного комплексу (IaaS), розташованого на боці замовника, який здійснюватиме кешування даних, розподілятиме і регулюватиме авторизаційні запити користувачів і здійснюватиме передавання даних між хмарними сервісами й іншими програмними складниками, які працюють разом з хмарою;

б) хмарних сервісів (SaaS), через які користувачі діставатимуть доступ до систем автоматизації бізнес-процесів з будь-якої точки світу (не обов'язково з офісу компанії), а також отримують інформацію і звіти;

в) хмари, або платформи (PaaS у різних варіантах), в якій і будуть розташовані всі основні сервери, сховища даних, обробники й інтерфейси, що дозволяють інформаційній інфраструктурі виконувати поставлені завдання.

Перед прийняттям рішення про перенесення ІТ-інфраструктури до хмари необхідно провести оцінку бізнес-процесів підприємства, на основі аналізу технічних можливостей і бізнес-процесів визначити програмні додатки та сервіси, які можуть бути перенесені до хмарного середовища, передбачити пріоритети для складових інфраструктури та встановити ризики такого переходу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми та питання розвитку хмарних технологій і міграції ІТ-інфраструктур підприємств до хмарних середовищ знайшли своє відображення у багатьох працях зарубіжних науковців: Буйя Р. [1], Лоу С. [2], Хайеж-Хусейни А. [3], Бінца Т., Леймана Ф. і Шумма Д. [4], Андрікопулоса В. [5], Бабара М. [6], Трана В. [7] та ін.

У цьому напрямку було проведено багато досліджень. Деякі роботи [3] зосереджені на дослідженні процесу прийняття рішень щодо підтримки міграції ІТ-інфраструктур до хмар на підприємствах, оскільки до міграції необхідно враховувати її переваги, ризики, витрати та організаційні та соціально-технічні фактори. Більшість дослідників зосереджується на методах міграції, головним чином на тому, як ефективно перенести існуючу ІТ-інфраструктуру до хмари [4, 5].

Але необхідно враховувати, що сучасні хмарні сервіси стають дедалі більш модульними, динамічними й гетерогенними, використовуючи як ресурси PaaS, так і IaaS. Хмарні провайдери

надають можливість створювати та керувати хмарними сервісами, які розгортаються в кількох хмарах. Саме тому, маючи значний практичний інтерес, проблема дослідження міграції IT-інфраструктури підприємств до хмарних середовищ і вибору провайдерів хмар для цього заслуговує на особливу увагу.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є розробка теоретико-методологічних підходів до визначення суті та особливостей оцінювання придатності IT-інфраструктури підприємства до міграції у хмарне середовище та оптимізації вибору провайдерів для розгортання динамічних хмарних сервісів, які будуть складати нову, хмарну, IT-інфраструктуру підприємства.

**Основний матеріал дослідження.** Для оцінювання придатності IT-інфраструктури до міграції у хмарне середовище використовуються методи, базовані на методиці АНР (структурована методика прийняття складних рішень). Оскільки принципи побудови хмарних сервісів однакові, ця методика буде корисна незалежно від хмарної платформи (або платформ), які було вибрані підприємством. Оціночний підхід базується на методах статистичної оцінки, а інфраструктура розглядається за трьома основними критеріями:

- 1) цінність інновацій (розрахунок підвищення або збереження прибутку в разі міграції до хмари);
- 2) технічна можливість (забезпечення переходу IT-інфраструктури у хмару);
- 3) критерій ризику (розрахунок ризиків переходу IT-інфраструктури у хмару).

Кожен з цих критеріїв має вплив на процес прийняття рішення щодо перенесення IT-інфраструктури до хмари. Наприклад, програмний додаток може мати високі показники за критеріями цінності інновацій і технічних можливостей, але якщо критерій ризику перевищують допустимий рівень для конкретного підприємства, рішення про перенесення його до хмари не приймається.

Оцінювання складових IT-інфраструктури за кожним з цих критеріїв відбувається за методами *багатофакторного аналізу рішень* (MCDA); аналіз ієрархій є одним з методів, які застосовуються в *багатофакторному аналізі* MCDA.

У табл. 1. подано ієрархічний перелік оцінювання за трьома групами критеріїв, які становлять ієрархічне дерево критеріїв.

Відповідно до специфіки та сфери діяльності підприємства дерево доповнюється додатковими критеріями.



Таблиця 1

**ІЄРАРХІЧНЕ ДЕРЕВО КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ ПРИДАТНОСТІ  
ДО МІГРАЦІЇ ДЛЯ ТРЬОХ ГРУП**

Групи критеріїв	Деталізація	Підкритерії
Цінність інновацій	Час виходу на ринок	—
	Вартість міграції	—
	Критичність для бізнесу	—
	Економія коштів	Витрати на обслуговування обладнання Витрати на обслуговування ПЗ Вартість енергії Адміністративні витрати Вартість придбання ПЗ Вартість придбання обладнання
Критерії ризику	Незавершеність системи	Неповне ліцензування Неповна стандартизація Складна система оплати
	Невідповідність системи керування	Рівень знань керівництва Забезпечення засад корпоративної політики
	Невідповідність угоди SLA	—
	Юридичні питання	—
	Система безпеки	Захищеність даних Брак аудиту
Технічна можливість	Простота консолідації	Кількість інформаційних систем Кількість обладнання Чітко визначений напрямок консолідації
	Простота міграції	Функціональна складність Обсяг програми Обсяг БД
	Технологічний стек	Середовище виконання База даних Операційна система
	Дизайн додатка	Дизайн на базі сервісів Використання віртуалізації

Джерело: [8]

Методика передбачає аналіз різних рішень, створених на основі різних критеріїв, причому деякі з них можуть конфліктувати

між собою, а деякі мати протилежний вплив (позитивний або негативний) на загальне рішення або повністю протилежну природу (якісно або кількісно).

Оскільки хмарні обчислення зумовлюють певні проблеми і ризики, кожне підприємство, перш ніж здійснювати процес міграції власної ІТ-інфраструктури у хмарне середовище, повинно оцінити свою інфраструктуру, ґрунтуючись на бізнес-вимогах, технологічній стратегії і готовності ризикувати. Оцінювання, що вміщує багато конкурентних критеріїв з різною природою, ефектами і пріоритетами і провадиться з використанням багатовимірною статистичного підходу на основі методики Analytic Hierarchy Process (АНР), дозволить зменшити ризики такої міграції.

Відповідно до динамічної моделі хмарного сервісу користувач може купувати певні сервіси за моделлю SaaS з використанням ресурсів одного хмарного провайдера і купувати послуги PaaS або IaaS у інших постачальників послуг. Розвиток динамічної архітектури вимагає технологічної стандартизації інтерфейсів, але забезпечує кращу інтегрованийність і можливість підключення різних структурних елементів. Крім того, структурні елементи сервісу мають реалізовувати принципи вільного зв'язку. На рис.1. подана динамічна архітектура хмарного сервісу, де користувачі отримують послуги від різних хмарних провайдерів для кожного рівня хмари.

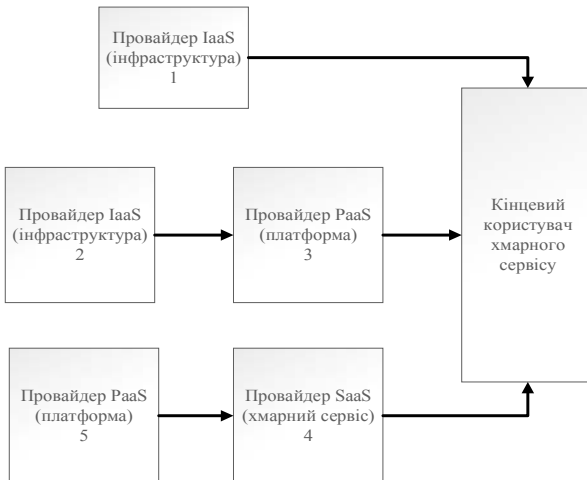


Рис. 1. Динамічна архітектура хмарного сервісу

Джерело: складено автором

Бізнес використовує хмарні послуги від багатьох компаній, вибираючи найкращу комбінацію постачальників послуг. Споживчий вибір хмарних сервісів є багатокритеріальною моделлю, і ми пропонуємо структурований підхід для усунення альтернатив та вибору оптимального варіанта.

Після переходу на хмарну модель роботи ІТ-директор бере на себе додаткову відповідальність: він повинен робити вибірку ресурсів, які потрібно перенести в хмару, обрати постачальника та порівняти ціни на хмарні сервіси на ринку. Процес прийняття рішень щодо придбання хмарних сервісів є непростим. Провайдери зазвичай пропонують користувачам хмарні послуги на базі різних сервісів, які важко порівняти, оскільки вони складаються з різних функцій за різними цінами і з різною мірою надійності. Тобто основним завданням підприємства стає максимізація рентабельності хмарних сервісів і мінімізація витрат і ризиків на їх упровадження. Оскільки рентабельність, вартість і ризики різняться за своїми критеріями, проблема насправді є багатокритеріальною проблемою оптимізації. Дослідження показують, що оптимізація процесів прийняття рішень щодо вибору хмарних сервісів для підприємств з урахуванням усіх цілей і критеріїв є складною науково-практичною проблемою, яка потребує вирішення.

Є три основні цілі, які користувачі хмарних сервісів прагнуть оптимізувати у виборі постачальників послуг:

- 1) максимальна рентабельність сервісу;
- 2) мінімальна вартість послуг;
- 3) мінімальні ризики впровадження.

Різні одиниці виміру цих цілей є перешкодою для формування простої моделі прийняття рішень (переважно вибір провайдера хмари та портфеля хмарних послуг). Можна перевести всі показники до грошового виміру, але це, як правило, суб'єктивний і далеко не точний метод. Для оптимізації моделі прийняття рішення необхідно розрахувати оригінальні дані кожного параметра (вартість, ефективність і ризик) відповідно до специфічних їх характеристик.

Модель багатокритеріальної оптимізації вибору постачальника хмарних сервісів ми можемо подати у вигляді двох бізнес-моделей. Перша бізнес-модель — це придбання пакета пов'язаних між собою комплексних послуг усіх трьох рівнів хмари, в яких організація купує усі хмарні послуги від єдиного постачальника послуг, і вона базується на стандартній архітектурі хмарного сервісу. Друга бізнес-модель — це модель вибору найкращих провайдерів сервісів на кожному рівні хмари окремо серед усієї множини хмарних провайдерів [8]. Ця бізнес-модель ба-

зується на динамічній архітектурі хмарного сервісу, яку зображено на рис. 1.

За стандартом, хмари мають три фундаментальні рівні (IaaS, PaaS, SaaS), і хмарні провайдери традиційно намагаються поєднати свої послуги на всіх рівнях, щоб прив'язати споживачів до них у всіх трьох рівнях. У цьому разі клієнт повинен розглянути та вибрати лише одного з потенційних провайдерів хмар. Припустимо, що для порівняння в нас є  $n$  хмарних провайдерів: кожен з них пропонує пакет сервісів, який має рентабельність для споживачів з відповідними ризиками впровадження і за певну вартість. Тому порівняльний аналіз  $n$  хмарних провайдерів здійснюється порівнянням  $n$  тривимірних їх точок. Тож важливим є створення механізму для проведення подібних тривимірних порівнянь.

Разом з тим, якщо ми припустимо, що на хмарному ринку дозволено придбання послуг для кожного рівня хмари незалежно від іншого рівня, нам доведеться повторювати вибір між провайдерами тричі (тобто  $i = 1, 2, 3$ ): дане порівняння кожного рівня базується на кількості хмарних провайдерів, що забезпечують цей рівень, — кожен з них є тривимірною моделлю.

Запропонований метод базований на приведенні кожного оцінювання до загальної шкали, яка дає загальне уявлення (зберігаючи оригінальні дані); також метод збереже три окремі виміри для аналізу (на відміну від приведення даних до грошової оцінки). Метод працює в такий спосіб: для кожного параметра ми приведемо найвищу характеристику до 10, а найменшу до 5. Інші бали потім інтраполуються в цьому діапазоні. Далі ми відкидаємо хмарних провайдерів, які мають найгірші показники за будь-яким виміром. Циклічний процес виключення хмарних провайдерів триває, доки в нас не залишиться один варіант.

Розглянемо приклад використання методу. Табл. 2. містить оригінальні значення рентабельності, вартості та оцінки ризику для чотирьох хмарних провайдерів.

Таблиця 2

**ВХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА ХМАРНИХ ПОСЛУГ**

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)	Вартість (за рік, млн грн)	Оцінювання ризику (за рік)
№1	7	1,8	8
№2	8	1,5	12
№3	10	2,1	15
№4	8	1,4	9

Джерело: складено автором

Табл. 3 та 4 нормалізують вихідні значення до однієї загальної шкали.

Таблиця 3

**ЗАГАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ**

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)	Вартість (за рік, млн грн)	Оцінювання ризиків (за рік)
Оптимальні	10	1,4	8
Найменш оптимальний	7	2,1	15
Діапазон	3	0,7	7
Максимум	10	10	10
Мінімум	5	5	5
Нова шкала діапазону (діапазон/мін.)	0,6	0,14	1,4

*Джерело: складено автором*

Таблиця 4

**ЗАГАЛЬНА ШКАЛА ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА ХМАРНИХ ПОСЛУГ**

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)	Оцінювання вартості (за рік)	Оцінювання ризиків (за рік)
№1	5	12,8	10
№2	6,67	10,7	7,14
№3	10	5	5
№4	6,67	10	9,29

*Джерело: складено автором*

При цьому третій провайдер є гіршим з погляду витрат і ризиків, а отже, усувається. Перший провайдер гірший з погляду корисності, і тому він теж усувається. Тоді для другого і четвертого провайдера: другий провайдер має два мінімальні значення, а четвертий — лише одне, тому він вибирається як найліпший варіант.

Ми також можемо ввести додаткове правило: якщо якісь параметри мають однакові значення, то можна застосувати шкалу з табл. 5: 0,6 рентабельності = 140 тис. грн = 1,4 ризику, тобто одиниця рентабельності = 233,3 тис. грн = 2,33 ризику.

На відміну від пакета сервісів від одного хмарного провайдера, у разі коли дозволено придбання сервісів окремо для кожного

рівня хмари, нам доведеться повторити вибір між  $n$  провайдерів для кожного рівня ( $i = 1, 2, 3$ ): кожен рівень порівняльного аналізу ґрунтується на кількості хмарних провайдерів, які забезпечують цей рівень, кожна комбінація рівня і провайдера все ще буде тривимірною точкою. У табл. 5. наведено розподілені дані за трьома рівнями хмари.

Таблиця 5

**ВХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА ХМАРНИХ ПОСЛУГ  
ДЛЯ ДИНАМІЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ**

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)			Вартість (за рік, млн грн)			Оцінювання ризику (за рік)		
	IaaS	PaaS	SaaS	IaaS	PaaS	SaaS	IaaS	PaaS	SaaS
№1	2	3	3	0,45	0,55	0,8	2	3	3
№2	2	2	3	0,45	0,45	0,6	4	4	4
№3	3	3	4	0,45	0,85	0,8	5	5	5
№4	3	3	2	0,3	0,5	0,6	3	3	3

Джерело: складено автором

Дані з табл. 6 розбиваються на три рівні, як показано в табл. 6, де наведено детальні розрахунки оптимізації сервісів IaaS.

Таблиця 6

**ЗАГАЛЬНА ШКАЛА ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА ХМАРНИХ ПОСЛУГ  
ДЛЯ ДИНАМІЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ РІВНЯ IaaS**

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)	Оцінювання вартості (за рік)	Оцінювання ризику (за рік)
№1	5	5	5
№2	5	5	6,7
№3	10	5	10
№4	10	10	8,3

Джерело: складено автором

Ми бачимо, що перший і другий провайдери мають мінімальну рентабельність, а третій має максимальне значення ризику. Отже, тільки четвертий провайдер залишається, і він буде най-

кращим вибором для рівня IaaS. Сервіси PaaS і SaaS розраховуються аналогічно.

Описана процедура повторюється ще раз для рівнів PaaS (табл. 7) і SaaS (табл. 8).

Таблиця 7

**ЗАГАЛЬНА ШКАЛА ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА ХМАРНИХ ПОСЛУГ  
ДЛЯ ДИНАМІЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ РІВНЯ PaaS**

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)	Оцінювання вартості (за рік)	Оцінювання ризику (за рік)
№1	5	6,7	10
№2	10	10	6,7
№3	10	5	5
№4	10	10	10

Джерело: складено автором

Сервіси PaaS і SaaS розраховуються аналогічно.

Таблиця 8

**ЗАГАЛЬНА ШКАЛА ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА ХМАРНИХ ПОСЛУГ  
ДЛЯ ДИНАМІЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ ХМАРНИХ СЕРВІСІВ РІВНЯ SaaS**

Хмарний провайдер	Рентабельність (за рік)	Оцінювання вартості (за рік)	Оцінювання ризику (за рік)
№1	7,5	6,7	10
№2	7,5	8,3	7,5
№3	10	5	5
№4	5	10	10

Джерело: складено автором

Аналіз показує, що хмарний провайдер № 4 є найкращим за показниками оцінювання вартості та оцінювання ризику щодо всіх інших провайдерів, і він може вважатися найкращим вибором.

Однак, одночасно, аналіз показує, що хмарний провайдер № 4 має найнижчий показник рентабельності, і тому не може бути обраний. Третій провайдер показує максимальний ризик і вартість. Другого провайдера також слід усунути через більше значення залишкової вартості. Отже, перший провайдер домінує в аналізі за моделлю SaaS і є найоптимальнішим варіантом вибору.

Здійснивши синтез даних вибору на кожному рівні хмари, ми з'ясували, що для рівнів IaaS і PaaS найкращим вибором є четвертий провайдер; а на рівні SaaS, відповідно, перший провайдер. Загалом оптимізація вибору для кожного з трьох рівнів хмари обов'язково дасть або порівнювані, або кращі результати, ніж вибір одного провайдера для сервісів підприємства.

**Висновки.** Тож запропонована модель використовує динамічну архітектуру хмарного сервісу, яка дозволяє користувачам купувати послуги від кількох хмарних провайдерів, кожен з яких пропонує послуги різних рівнів хмари. Спираючись на динамічну організацію архітектури хмарного сервісу, вони можуть досягти більших переваг порівняно зі стандартною архітектурою сервісів. У статті запропоновано модель оптимізації вибору хмарних провайдерів при використанні динамічної архітектури хмарного сервісу, яка дозволяє користувачам купувати послуги від кількох хмарних провайдерів, кожен з яких пропонує послуги різних рівнів хмари.

Нині організації оцінюють свої майбутні витрати на хмарні сервіси для прийняття рішень щодо їх упровадження (а також їх ефективності та оцінки ризику) за загальними методами, не спираючись на об'єктивні кількісні заходи і не враховуючи конкретної поточної конфігурації сервісу. Розроблена модель допоможе приймати більш структуровані та кількісні рішення.

### ***Література***

1. Buyya R. Market-oriented cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering it services as computing utilities. / R. Buyya, C. S. Yeo, S. Venugopal // In Proceedings of the 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, IEEE, Dalian, China — 2008. — pp. 5–13.

2. Low C. Y. Understanding the determinants of cloud computing adoption. / C. Y. Low, Y. Chen, M. C. Wu. // Industrial Management & Data Systems, vol. 111, no. 7. — 2011. — P. 1006–1023.

3. Khajeh-Hosseini A. Decision support tools for cloud migration in the enterprise. / A. Khajeh-Hosseini, I. Sommerville, J. Bogaerts, P. Teregowda // In Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Cloud Computing (CLOUD), IEEE, Washington, DC, USA. — 2011. — P. 541–548.

4. Binz T. CMotion: A framework for migration of applications into and between clouds. / T. Binz, F. Leymann, D. Schumm // In Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications, IEEE, Irvine, CA, USA. — 2011. — P. 1–4.

5. Andrikopoulos V. How to adapt applications for the cloud environment / V. Andrikopoulos, T. Binz, F. Leymann, S. Strauch. // Computing, vol. 95, no. 6. — 2013. — P. 1–43.



6. Babar M. A. A tale of migration to cloud computing for sharing experiences and observations. / M. A. Babar, M. A. Chauhan// In Proceedings of the 2nd International Workshop on Software Engineering for Cloud Computing, ACM, New York, USA. — 2011. — P. 50–56.

7. Tran V. Application migration to cloud: A taxonomy of critical factors. / V. Tran, J. Keung, A. Liu, A. Fekete. // In Proceedings of the 2nd International Workshop on Software Engineering for Cloud Computing, ACM, New York, USA. — 2011. — P. 22–28.

8. Камінський О.Є. Хмарні технології в парадигмі інформаційної економіки : монографія / О. Є. Камінський. — Київ : КНЕУ, 2018. — 230 с.

### **References**

1. Buyya R. Market-oriented cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering it services as computing utilities. / R. Buyya, C. S. Yeo, S. Venugopal // In Proceedings of the 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, IEEE, Dalian, China — 2008. — P. 5–13.

2. Low C. Y. Understanding the determinants of cloud computing adoption. / C. Y. Low, Y. Chen, M. C. Wu. // Industrial Management & Data Systems, vol. 111, no. 7. — 2011. — P. 1006–1023.

3. Khajeh-Hosseini A. Decision support tools for cloud migration in the enterprise. / A. Khajeh-Hosseini, I. Sommerville, J. Bogaerts, P. Teregowda // In Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Cloud Computing (CLOUD), IEEE, Washington, DC, USA. — 2011. — P. 541–548.

4. Binz T. CMotion: A framework for migration of applications into and between clouds. / T. Binz, F. Leymann, D. Schumm // In Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications, IEEE, Irvine, CA, USA. — 2011. — P. 1–4.

5. Andrikopoulos V. How to adapt applications for the cloud environment / V. Andrikopoulos, T. Binz, F. Leymann, S. Strauch. // Computing, vol. 95, no. 6. — 2013. — P. 1–43.

6. Babar M. A. A tale of migration to cloud computing for sharing experiences and observations. / M. A. Babar, M. A. Chauhan// In Proceedings of the 2nd International Workshop on Software Engineering for Cloud Computing, ACM, New York, USA. — 2011. — P. 50–56.

7. Tran V. Application migration to cloud: A taxonomy of critical factors. / V. Tran, J. Keung, A. Liu, A. Fekete. // In Proceedings of the 2nd International Workshop on Software Engineering for Cloud Computing, ACM, New York, USA. — 2011. — P. 22–28.

8. Kaminsjkyj O. Je. Khmarni tekhnologhiji v paradyghmi informacijnoji ekonomiky : monohrafija / O. Je. Kaminsjkyj. — Kyjiv : KNEU, 2018. — 230 s.

Статтю подано до редакції 3.10.2018 р.

**Капуніна О.С.**, к.е.н., доцент  
доцент кафедри економіко-математичного моделювання,  
**Гузенко О.Ю.**, магістр кафедри  
економіко-математичного моделювання,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана»

**Katunina Olga.S.**, Ph.D., associate professor  
Associate Professor of the Department of  
Economic and Mathematical Modeling  
**Huzenko Oksana Y.**, master of the Department of  
Economic and Mathematical Modeling  
SHEE «Kyiv National Economic  
University named after Vadym Hetman»

## **МОДЕЛІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В МАРКЕТИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ РИНКУ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ**

## **MODELS OF MACHINE LEARNING IN MARKETING RESEARCH OF THE FOOD MARKET**

*Анотація. Розглянуто питання розробки математичного інструментарію дослідження тенденцій формування попиту та прогнозування розвитку ринку продуктів харчування. Встановлено, що процес реалізації та продажів морозива у торговельних мережах може бути структурованим за сукупністю ознак. Даний процес підпорядковується у своєму розвитку тенденціям як статичного, так і динамічного рівнів. Доведено, що в інформаційному суспільстві для підприємств-виробників продуктів харчування модельні технології, що реалізують концепцію машинного навчання, є зростаючим ресурсом безпеки та життєздатності. Розроблено структуру комплексу моделей визначення та прогнозування попиту на продукти харчування, які використані для прикладного маркетингового дослідження вітчизняного ринку морозива. На базі інструментарію інтелектуального аналізу даних та машинного навчання розглянуто моделювання динамічних тенденцій ринку, зокрема, на базі моделей динамічного регресійного аналізу ARIMA досліджено зміння обсягових параметрів ринку та попиту. В комплексі моделей проектування предикторних просторів досліджено парні взаємозв'язки між факторами товарного ринку, що чинять вплив на продажі морозива, здійснено регресійне, в тому числі покрокове моделювання місткості товарного ринку. Моделювання латентних взаємообумовленостей між характеристиками товарного ринку проведено методами факторного аналізу. Для моделювання структури ринку та визначення оптимальних каналів реалізації продукції використано нейромережеві технології. Для сегментування ринку пропозиції та реалізації продукції за регіональними, асортиментними та логістичними ознаками здійснено кластеризацію за допомогою алгоритму K-середніх і логістичної регресії. Операціоналізацію розробленої комплексу моделей прогнозування тенденцій розвитку товарних ринків здійснено шляхом впровадження веб-сервісу, який вбудовуватиметься у інструментарій маркетолога у вигляді аналітич-*

ного додатку. Моделі комплексу можуть використовуватись для маркетингових досліджень споживчого ринку, що підвищуватиме обґрунтованість вибору ефективних напрямів діяльності підприємств, концепцію та форми проведення адресної маркетингової політики.

**Ключові слова:** Маркетингові дослідження, модельні технології, машинне навчання, інтелектуальний аналіз даних, предикторний простір, сегментування.

*Annotation. The questions of development of mathematical tools of research of tendencies of formation of demand and forecasting of development of a market of food products are considered. It has been established that the process of sales and sales of ice cream in retail chains can be structured according to a set of features. This process is subject to trends in both the static and dynamic levels in its development. It has been proved that in the information society for food industry enterprises, the model technologies implementing the concept of machine learning are a growing resource of safety and viability. The structure of the complex of models for determining and forecasting the demand for food products, which are used for the applied marketing research of the domestic ice cream market, was developed. The simulation of dynamic market trends is considered on the basis of the tools of intellectual data analysis and machine learning, in particular, based on models of ARIMA dynamic regression analysis, changes in volumes market and demand parameters are investigated. In the complex of models of designing of predictor spaces, the pair relationships between commodity market factors affecting ice cream sales, regression analysis, including step-by-step modeling of market capacity are investigated. The modeling of latent interconnections between the characteristics of the commodity market was carried out by the methods of factor analysis. Neural network technologies were used to simulate the structure of the market and determine the optimal channels for product sales. For the segmentation of the market of supply and sales of products by regional, assortment and logistic features, clustering was carried out using the K-mean algorithm and logistic regression. The operationalization of the developed set of models of forecasting tendencies in the development of commodity markets was carried out through the introduction of a web service, which will be embedded in the toolkit of a marketer in the form of an analytical appendix. Models of the complex can be used for marketing researches of the consumer market, which will increase the validity of the choice of effective areas of activity of enterprises, the concept and form of conducting an address marketing policy.*

**Keywords:** Marketing research, modeling technology, machine learning, intelligent data analysis, predictive space, segmentation

**Вступ.** У даний час в Україні посилюється вплив дестабілізуючих факторів економічного середовища, зокрема, триває економічна криза, зменшено обсяги виробництва предметів споживання, у тому числі продуктів харчування, низькою є платоспроможність населення, мають місце негативні інфляційні очікування. До особливостей поточної ситуації можна віднести й швидко змінюваність процесів на споживчих товарних ринках, що зумовлюють, зокрема, переорієнтацію традиційних механізмів формування попиту та споживання внаслідок збільшення частки сімейних бюджетів, що витрачаються на обов'язкові платежі. Означені фактори зумовлюють збільшення ризиконасиченості економічно-

го середовища, а, отже, суттєво впливають на можливості ефективного планування виробничої діяльності підприємств. Виробники, дистриб'ютори та інші учасники ринку продуктів харчування доволі частіше вимушені переорієнтовувати усталені схеми контрактації щодо сировини та готової продукції, шукати нові ринки збуту, логістичні схеми, власну цільову аудиторію споживачів та формати рекламної діяльності.

Науковцями визначається, що ознакою сьогодення є стрімка цифровізація всіх сфер соціально-економічної діяльності та адміністрування, зокрема, впровадження в процеси управління технологій блокчейну, математичного та модельного інструментарію Business Intelligence, Data Mining, Data Science, Machine Learning, Artificial Intelligence [1]. За розбудови інфраструктури цифрової економіки для підприємств зростає затребуваність ефективних новітніх технологій управління економічною діяльністю. Пріоритетною і водночас найбільш динамічно змінюваною складовою є маркетингова, оскільки саме вона концентрує можливості ринкової адаптації підприємств і дозволяє раціонально використовувати їхні ресурси та потенціал.

**Постановка проблеми.** Стрімка інтелектуалізація модельних технологій обумовлена, на думку авторів, по-перше, інтенсивним впровадженням інфраструктури інформаційного суспільства та перенесенням дедалі збільшуваної частки торговельно-збутової діяльності в Інтернет-простір, по-друге, розширенням технічних можливостей накопичення великих обсягів інформації, наприклад, при реєстрації транзакцій в електронній комерції, по-третє, зростанням можливостей ідентифікації користувачів і створення багатомірних образів і профілів клієнтів шляхом врахування даних психографічного та когнітивного блоків, зокрема, даних про різні аспекти поведінки покупців, їхні переваги, уподобання, інтереси, очікування, мотивації тощо.

Для підприємств збільшення невизначеності цифрового економічного середовища спрямовує пошук ефективних управлінських рішень на поглиблення маркетингових досліджень. Важливо, що традиційні вибіркові обстеження, що переважно зорієнтовано на аналіз результатів опитувань, все більшою мірою стають неадекватними сучасним вимогам до обсягу, термінів, точності та формату одержуваної інформації. Усталена в маркетингу практика проведення анкетних опитувань замінюється новітнім підходом на базі сучасних інтелектуальних модельних технологій видобування знань (тенденцій, закономірностей, просторових структур факторів та об'єктів тощо).

Особливо це актуально для виробників традиційних, не інноваційних продуктів харчування, які вимушені змагатись за споживачів в основному через прийняття маркетингових рішень. Останні базуються на інформації, що надходить з великої кількості джерел, зокрема, представницької низки параметрів, що описують процес реалізації предметів споживання у торговельній мережі та обслуговування клієнтів, досліджень поведінки споживачів, аудиту торгових точок, опитувань експертів торгівлі та промисловості тощо. Підкреслимо, що в даний час переважна частка компаній зі сфери малого та середнього бізнесу для обґрунтування маркетингових стратегій і прийняття управлінських рішень використовують лише базові статистичні методи та доволі прості моделі, якими доповнюються рекомендації експертів. Одержувані середні характеристики цільових показників у розрізі градацій контрольованих змінних з товарно-асортиментного та "споживчого" блоків є недостатньо інформативними для визначення причинно-наслідкових зв'язків і прогнозування попиту, а окрім того мають доволі суттєве суб'єктивне "навантаження".

Водночас у даний час новітнім трендом і напрямом маркетингових досліджень є залучення "великих даних", що одержано шляхом безпосереднього "зняття" маркетингової інформації про фактичні покупки та наміри споживачів, що в умовах цифровізації фіксуються в точках замовлень, продажу та інших місцях виникнення. Тому актуальним є активне впровадження в практику маркетингових досліджень новітніх інтелектуальних модельних технологій, що використовують принцип навчання і є реальним інструментом розв'язання складних задач моделювання та прогнозування розвитку процесів на товарних ринках. Важливою рисою цих технологій є інтелектуальна спроможність навчатися і покращувати результати в процесі застосування.

Таким чином, стратегічним ресурсом безпеки та життєздатності підприємств-виробників стає поглиблення їхньої інформованості щодо тенденцій розвитку ринків і попиту з метою забезпечення адресності ринкової діяльності, зокрема, щодо персоніфікації задоволення вимог ринкових сегментів і прогнозування виникнення нових запитів і потреб. Отже, в інформаційному суспільстві модельні технології, що реалізують концепцію машинного навчання, є зростаючим ресурсом безпеки та життєздатності підприємств-виробників [2, 3], а впровадження модельних технологій з елементами штучного інтелекту на сьогодні стає затребуваним інструментом маркетингової діяльності.

**Аналіз останніх публікацій.** Проблемам моделювання економічних систем і визначенню стратегій їхньої діяльності, зокрема, маркетингової, присвячено низку наукових праць [4, 5]. Машинне навчання (*Machine Learning*, ML) є актуальним новітнім напрямом, що розбудовує інноваційну знаннєво-орієнтовану екосистему модельних та інформаційних технологій та алгоритмів [14]. На базі наявного набору прикладів, спостережень, реакцій на них конструюються моделі, що максимально ефективно описують закономірності, асоціації, типологізації та інші типи регулярностей у даних і прогнозують їх. За модельними технологіями ML розв'язуються задачі класифікації, кластеризації, регресії, ранжування, зниження розмірності, знаходження аномалій, виявлення асоціацій, ідентифікації прихованих змінних тощо.

Напрямами застосування методів ML є бінарна та багатокласова класифікація, регресія, кластеризація, дескриптивне моделювання тощо. Основними класами моделей ML є групуючі або логічні, що розбивають простір об'єктів на сегменти, які визначаються на етапі навчання, та ранжуючі або геометричні (наприклад, лінійний класифікатор, що будує площину розв'язків, ортогональну прямій, що з'єднує центроїди множин позитивних і негативних прикладів), лінійні, метричні моделі тощо. В ймовірнісних моделях навчання, до яких належить наприклад, байєсівський класифікатор, що моделює апостеріорний розподіл, будуються декларативні правила типу "якщо-то" з метою виділення однорідних областей в просторі об'єктів.

За модельними технологіями ML здійснюється також концептуальне навчання або бінарна класифікація, якщо позитивний клас можна на певних підставах назвати концептом. Найпоширенішими є деревовидні моделі (дерево ознак перетворюється на класифікатор, якщо помітити кожен вузол класом, тобто до кожного листа визначити відповідний мажоритарний клас). У моделях цього класу шлях у просторі гіпотез можна перетворити на еквівалентне дерево ознак. Для оцінювання якості бінарної класифікації використовуються частотні таблиці  $2 \times 2$ , показники вірності (частки правильно класифікованих тестових прикладів), частоти помилок, точності та повноти [11]. Для наочного представлення якості класифікації будуються графік покриття ROC (площа під кривою дорівнює вірності ранжування), функція втрат, розраховуються помилки ранжування, оцінюються ймовірності класів. Для оцінювання якості розв'язувальних дерев оцінюють частоту помилок, індекс Джині, ентропію тощо.

Докладне викладення інструментарію та модельних технологій машинного навчання, які в даний час інтенсивно поповнюються новітніми алгоритмами, представлено у працях [9–20]. Авторами розроблено низку підходів до формування модельного інструментарію дослідження тенденцій розвитку ринку, попиту та поведження споживачів, в тому числі за принципами навчання [6–8].

Важливо, що в даний час активне впровадження навчальних технологій у практичний менеджмент здійснюється на базі вільно поширюваних потужних аналітичних платформ, що реалізують інструментарій ML, зокрема, R, Python, Azure ML, Alteryx Analytics, бібліотек NumPy, Scikit-learn, Pandas, H2O тощо [19].

**Виклад основного матеріалу.** Для моделювання попиту, прогнозування обсягових параметрів місткості ринку продукції конкретного товаровиробника та відтворення моделей поведження споживачів найперспективнішими є нейромережеві моделі [12]. Нейромережі деформують багатовимірний простір ознак таким чином, щоб внаслідок усіх деформацій приклади наблизились до очікуваних зон у вихідному просторі. Якщо виміри сукупності індикаторів споживчої поведінки є точками певного (ринкового або когнітивного) простору, то процес навчання можна представити як спосіб викривлення цього простору таким чином, щоб унаслідок його деформації всі точки, залежно від типу дослідницької задачі, розкладались на класи, змістились або розтягнулись уздовж певної прямої. Параметри нейронної мережі відповідають за певний вид деформації простору, зокрема, лінійну деформацію, стискання, розтягування тощо. У результаті навчального аналізу багатовимірних даних виміри деформуються таким чином, щоб точки прямували до певних аттракторів (зон).

Ефективною для задач моделювання попиту є ансамблева модельна технологія [9, 11, 15], що передбачає побудову кількох моделей на основі модифікованих навчальних даних з подальшим застосуванням певного способу комбінування передбачень або оцінок окремих базових моделей для одержання передбачення всього ансамблю. Ансамблевий підхід передбачає комбінування моделей. У них будується ансамбль моделей, які дещо розрізняються по одних і тих самих навчальних даних. Використовуються навчання на випадково обраних підмножинах даних і конструювання з випадково обраних підмножин ознак. В ансамблевих моделях ітеративно конструюються гіпотези, зокрема, шляхом виправлення помилок попередніх гіпотез із одночасним підсиленням їх.

У результаті застосування ансамблевого підходу конструюється кілька різних прогностичних моделей з адаптованих варіантів навчальних даних (найчастіше за допомогою змінення ваг або повторної вибірки) і комбінування передбачень цих моделей, часто за допомогою простого усереднення або голосування (можливо, зваженого).

При дослідженні взаємообумовленості факторів ринкового середовища ансамблеві технології моделювання є ефективним методологічним принципом і практичним інструментом вирішення дилеми "зміщення-дисперсії" або знаходження вірного балансу між перенавчанням та недонавчанням. Найпоширенішими видами моделей ансамблевого типу є баггинг і підсилення (бустинг).

В задачах прогнозного маркетингового моделювання для сегментації та класифікації споживачів використовуються дерева рішень, які, порівняно із регресійним аналізом, є ефективнішими у випадках, коли взаємозв'язки між предикторами та залежною змінною є нелінійними, змінні мають несиметричні розподіли, є значна кількість корельованих змінних, взаємодія високих порядків, аномальні значення. При застосуванні дерев опис лінійного зв'язку здійснюється шляхом багаторазових розбиттів по предикторах. Ефективним є побудова ансамблю логістичної регресії та дерева рішень. Перевагою дерев рішень є формулювання чітких правил виділення сегментів, що статистично значущо відрізняються між собою по залежній змінній з подальшою побудовою власних логістичних моделей і формулюванням розв'язувальних правил і механізмів вибору.

З метою розроблення комплексу моделей для проведення маркетингових досліджень та обґрунтування ефективних стратегій виробничо-збутової діяльності підприємств, авторами було проаналізовано ринок продуктів харчування на прикладі вітчизняного ринку морозива у 2014–2017 рр. На реальних даних підприємства — учасника відповідного ринку, досліджувались динамічні процеси реалізації продукції та насиченості ринку в розрізі товарно-асортиментних груп, каналів збуту, регіонів тощо. Предметом дослідження було моделювання тенденцій розвитку ринку та особливості застосування інтелектуальних модельних технологій в аналізі ринку морозива для подальшого розвитку бренда виробника.

Основна проблема, що зумовила необхідність пошуку нових підходів до моделювання даної системи, полягала у такому. **По-перше**, ринок морозива є насиченим і високо конкурентним. Водночас він має значний потенціал розширення і, відповідно, є



перспективним для нових учасників, а отже, цікавим для інвесторів і має вагоме значення для швидкого наповнення бюджету за рахунок стабільного попиту, швидкого обігу та невисокої собівартості продукції.

**По-друге**, традиційні маркетингові дослідження даного ринку з одного боку, мають виражений дефіцит інформації: дані звітності підприємств про реалізацію продукції надходять із майже квартальним запізненням, а проведення опитувань покупців і респондентів високовартісне і також не є оперативним. З іншої сторони, в даний час інтенсивно впроваджується інфраструктура інформаційного суспільства, розширюються технічні можливості "зняття" інформації в місцях здійснення транзакцій. Такі новації вже активно впроваджено на ринку морозива і дослідники-маркетологи мають "великі дані" — результати продажів і замовлень морозива в оптовій, роздрібній торгівлі та інтернет-магазинах. При фіксації транзакцій касовими апаратами в інформаційних системах торговельних мереж швидко накопичуються дані, що містять розширений перелік атрибутів товарів і множину параметрів реалізації.

**По-третє**, традиційні моделі динаміки продаж, що побудовано на місячних і квартальних даних для укрупнених асортиментних груп, стають неадекватними, оскільки не можуть "вловити" ситуаційних змін ринку. Водночас новітній модельний інструментарій і модельні технології аналізу "великих даних" наразі не ввійшли у широку практику маркетологів.

За узагальненням авторів, доцільно запропонувати знаннево-орієнтовану модельну технологію маркетингового дослідження товарного ринку на базі інструментарію машинного навчання, що містить такі складові:

- визначення бізнес-потреб виробників та ритейлерів;
- визначення та дослідження джерел даних;
- ррепроцесинг та розвідувальний аналіз маркетингових даних;
- иоделювання розвитку ринку: виявлення тенденцій, взаємозалежностей і сегментацій;
- навчання моделей та оцінювання якості;
- Рекомендаційне моделювання;
- операціоналізація та створення веб-сервісів;
- застосування результатів для розроблення та обґрунтування маркетингових стратегій.

На думку авторів, з урахуванням змінюваної системи цілей виробників продуктів харчування та суттєвої ризиконасиченості економічного середовища щодо попиту на їхню продукцію, у

розроблюваному комплексі математичних моделей дослідження ринку, доцільно запропонувати комплексний підхід та систему моделей (рис. 1), що базується на сучасних інтелектуальних технологіях машинного навчання та моделювання знань. Серед двох основних напрямів машинного навчання, що в даний час стрімко розвиваються, нейромережі глибокого навчання та ансамблевий підхід (побудова конвексів моделей), було обрано другий. Цей підхід є гібридним: він передбачає застосування низки моделей машинного навчання, що об'єднують як деякі традиційні процедури аналізу даних, так і новітні.



Рис. 1. Структура пропонованої системи моделей досліджень попиту на продукти харчування

З урахуванням специфіки інформаційної бази та задач аналізу ринку, розроблювана система моделей містить динамічний і статичний блоки. Моделі динаміки ринку, зокрема, включають дослідження одномірних часових рядів, на базі їхньої декомпозиції та моделі динамічного регресійного аналізу.

У моделях статичного блоку передбачається розв'язання двох задач. Перша — проектування предикторного простору, тобто виділення факторів, що є суттєвими для розвитку товарного ринку та зумовлюють його тенденції і можуть використовуватись для подальшого прогнозування. Друга — сегментування ринку та

виділення стійких угруповань його об'єктів та учасників, зокрема, асортиментних груп товарів, каналів і способів реалізації, типологічних груп споживачів. У подальшому після модельної ідентифікації таких груп можна окреслити їхні профілі та спрямувати маркетингові заходи на "обслуговування" визначених сегментів.

Для моделювання динамічних тенденцій ринку було здійснено декомпозицію динамічних рядів (рис. 2) і побудовано моделі динамічного регресійного аналізу, зокрема, для аналізу динаміки обсягів продажів морозива використовувались моделі ARIMA.

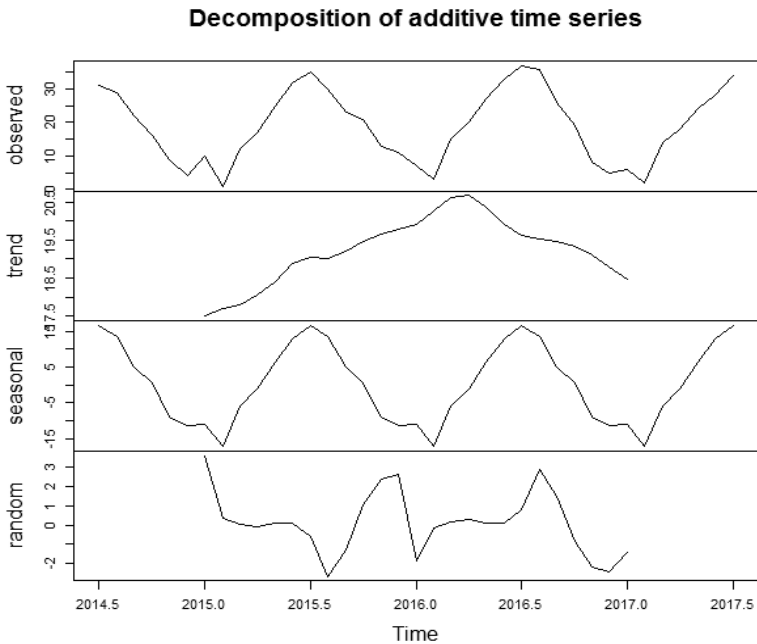


Рис. 2. Фрагмент візуалізації результатів декомпозиції динамічного ряду продажів морозива

Проектування предикторів для дослідження товарних ринків, на нашу думку, доцільно реалізувати за такими етапами:

1. Моделювання парних взаємозв'язків між факторами товарного ринку на базі аналізу кореляційної матриці показників ринку ознак, що чинять вплив на продажі морозива (рис. 3).

2. Регресійне моделювання місткості товарного ринку (рис. 4).

3. Моделювання параметрів товарного ринку на базі покрокових регресійних процедур (рис. 5).

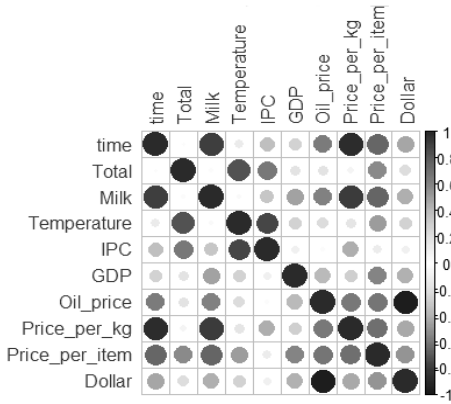


Рис. 3. Візуалізація кореляційної матриці для системи показників ринку морозива

$$Y = -7\,687 + 411 \cdot \text{Середня температура повітря} + 990 \cdot \text{Ціна за 1 л молока} + 411 \cdot \text{Індекс купівельної спроможності} - 1\,336 \cdot \text{Ціна за 1 пачку морозива} - 2,2 \cdot \text{ВВП України} - 77 \cdot \text{Ціна на нафту} - 42 \cdot \text{Ціна за кг морозива} + u$$

```

Residuals:
  Min      1Q  Median      3Q      Max
-4973 -1840  -169    2104   6391

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -7686.954  140812.694  -0.055  0.9569
time          54.161    441.789    0.123  0.9033
Milk         989.683    470.690    2.103  0.0450 *
Temperature  410.720    164.964    2.490  0.0192 *
IPC          411.146    869.407    0.473  0.6401
GDP          -2.223     2.665   -0.834  0.4115
Oil_price   -76.561    208.871   -0.367  0.7168
Price_per_kg -42.360    131.053   -0.323  0.7490
Price_per_item -1336.222  555.257   -2.406  0.0232 *
Dollar      -67.621    326.313   -0.207  0.8374
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3559 on 27 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8232,    Adjusted R-squared:  0.7643
F-statistic: 13.97 on 9 and 27 DF,  p-value: 4.886e-08
    
```

Рис. 4. Результати побудови багатофакторної моделі місткості товарного ринку

$Y = 22\,385 + 339 \cdot \text{Середня температура повітря} + 895 \cdot \text{Ціна за 1 л молока} - 1\,389 \cdot \text{Ціна за 1 пачку морозива} - 2,6 \cdot \text{ВВП України} + u$

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	22385.105	15165.037	1.476	0.149691
Milk	895.446	256.370	3.493	0.001420 **
Temperature	339.568	82.025	4.140	0.000236 ***
GDP	-2.647	1.711	-1.547	0.131726
Price_per_item	-1389.711	315.979	-4.398	0.000113 ***

signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3323 on 32 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.8174, Adjusted R-squared: 0.7946  
 F-statistic: 35.81 on 4 and 32 DF, p-value: 2.152e-11

Рис. 5. Результати покрокового вибору предикторів

Моделювання латентних взаємообумовленостей між характеристиками товарного ринку здійснюється методами факторного аналізу (рис. 6).

$PA1 = -0.2 \cdot \text{Обсяги продажів} + 0.9 \cdot \text{Ціна за 1л молока} - 0.2 \cdot \text{Середня температура повітря} - 0.5 \cdot \text{ВВП} - 0.8 \cdot \text{Ціна на нафту} + 0.9 \cdot \text{Ціна за 1 кг морозива} + 0.9 \cdot \text{Ціна за упаковку морозива} + 0.7 \cdot \text{Курс долара}$

$PA2 = 0.8 \cdot \text{Обсяги продажів} + 0.3 \cdot \text{Ціна за 1л молока} + 1 \cdot \text{Середня температура повітря} + 0.2 \cdot \text{ВВП} + 0.14 \cdot \text{Ціна на нафту} + 0.4 \cdot \text{Ціна за 1 кг морозива} - 0.3 \cdot \text{Ціна за упаковку морозива} - 0.2 \cdot \text{Курс долара}$

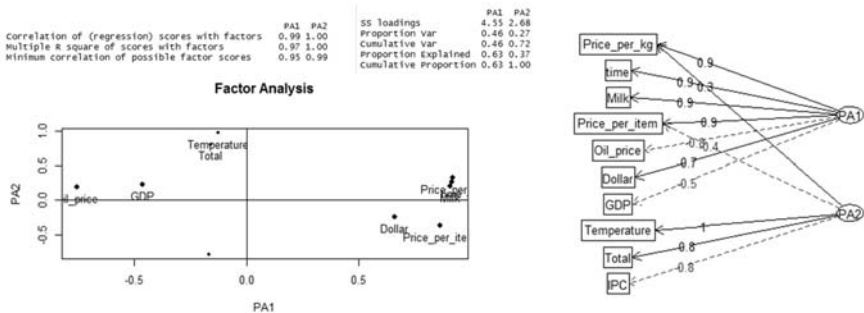


Рис. 6. Результати побудови латентного простору предикторів методом факторного аналізу

Нейромережіві технології використовуються для моделювання структури ринку та визначення оптимальних каналів реалізації продукції (рис.7).

Параметри нейронної мережі	Оцінки якості нейронної мережі
Create trainer mode — <i>Single parameter</i>	Mean Absolute Error 1.188267
Hidden layer specification — <i>Fully-connected case</i>	Root Mean Squared Error 1.543353
Number of hidden nodes — <i>1000</i>	Relative Absolute Error 0.337858
Learning rate — <i>0.005</i>	Relative Squared Error 0.152148
Number of learning iterations — <i>1000</i>	Coefficient of Determination 0.847852
The initial learning weights diameter — <i>0.1</i>	
The type of normalizer — <i>Min-Max normalizer</i>	

Рис.7. Параметри конфігурації та оцінки якості нейромережевої моделі

Технологія ансамблевого моделювання попиту на основі нейронної мережі та випадкового лісу (рис. 8 і 9).

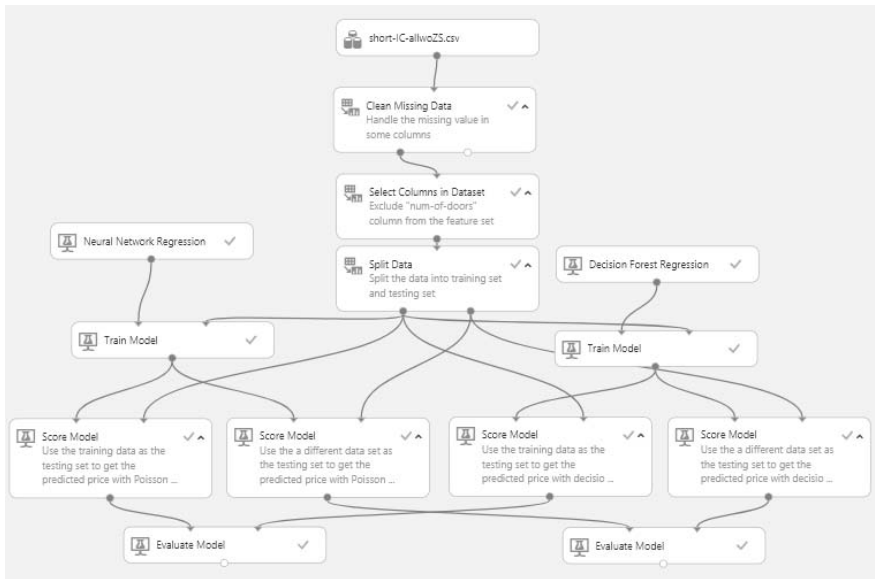


Рис. 8. Технологія ансамблевого моделювання попиту на основі нейронної мережі та випадкового лісу засобами Azure ML

## Decision Forest

Resampling method — Bagging  
Number of decision trees — 8  
Maximum depth of the decision trees — 32  
Number of random splits per node — 128  
Mean Absolute Error 8.95  
Root Mean Squared Error 13.97  
Relative Absolute Error 0.68  
Relative Squared Error 0.53  
Coefficient of Determination 0.47

## Neural Network

Mean Absolute Error 4.08  
Root Mean Squared Error 6.59  
Relative Absolute Error 0.38  
Relative Squared Error 0.18  
Coefficient of Determination 0.82

Рис. 9. Параметри конфігурації ансамблевої моделі попиту на основі випадкового лісу та нейромережевого моделювання

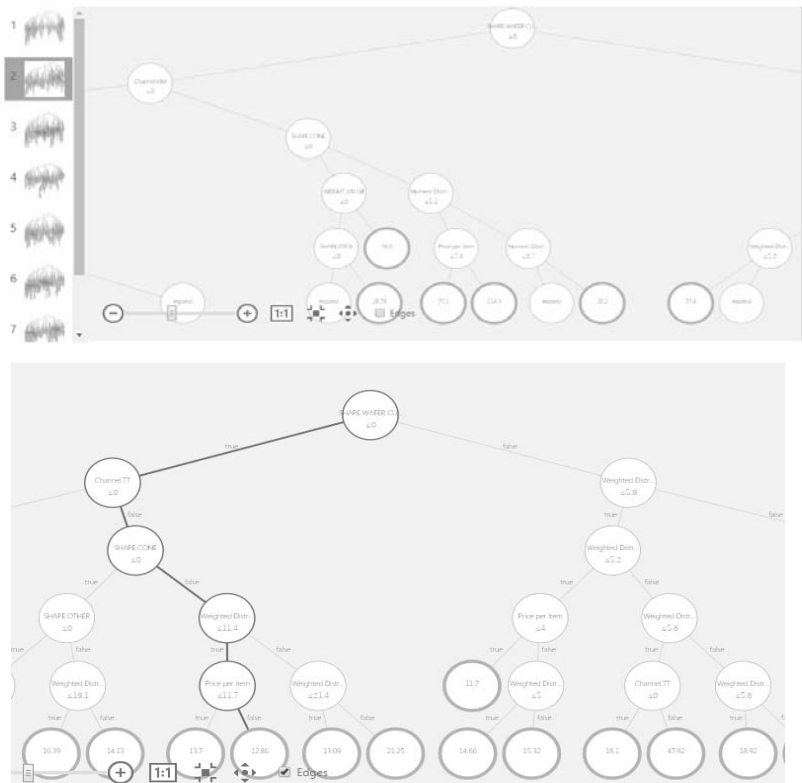


Рис. 10. Фрагменти дерев рішень для моделювання попиту на морозиво у вафельних стаканчиках і попиту в каналах торговельної мережі

Для сегментування ринку пропозиції та реалізації досліджуваної продукції (морозива) за регіональними, асортиментними та логістичними ознаками було здійснено кластеризацію за допомогою алгоритму К-середніх і логістичною регресією (рис. 11.) У результаті було побудовано систему гіпотез про альтернативні варіанти структурування ринку споживання морозива на базі визначення угруповань покупців і моделей їхнього поведіння, що дало можливість обґрунтовано групувати товарний асортимент та таргетувати рекламу.

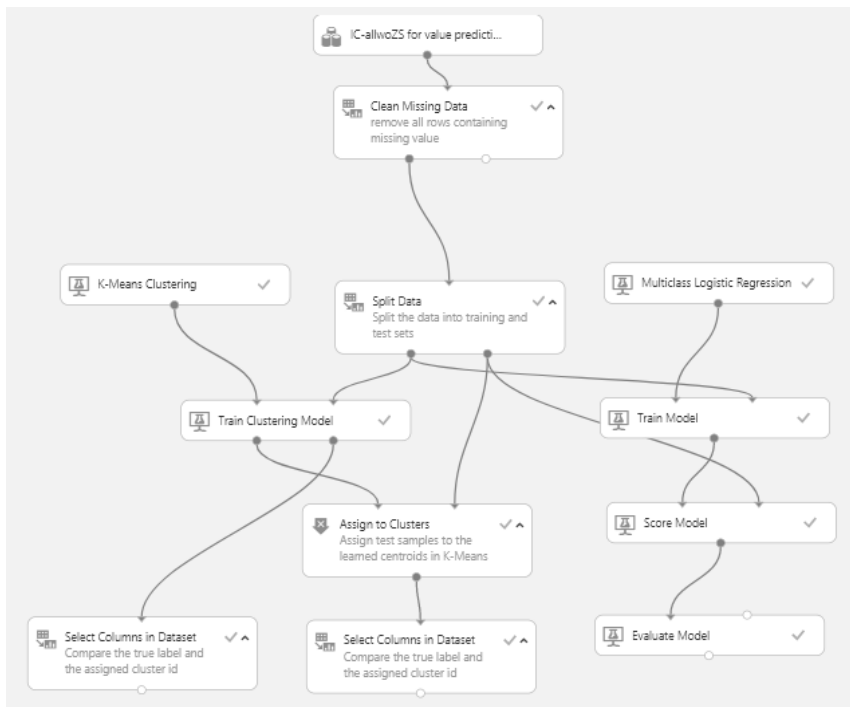


Рис. 11. Технологічний процес сегментування ринку пропозиції та кластеризації товарного асортименту на базі класифікаційних моделей та логістичної регресії

Завершальним етапом була операціоналізація комплексу моделей маркетингових досліджень і прогнозування тенденцій розвитку товарних ринків шляхом розробки веб-сервісу, який вбудовуватиметься у інструментарій маркетолога у вигляді аналітичних додатків, в тому числі мобільних (рис. 12).





Рис. 12. Схема етапів операціоналізації комплексу моделей маркетингових досліджень і прогнозування тенденцій розвитку товарних ринків

Перспективні напрями подальших досліджень, на думку авторів, можна подати у модельному та операційному блоках і наповнити наступними складовими. Зокрема, в модельному блоці здійснюватиметься:

1. Розширення сфери розв'язуваних маркетингових задач на базі методів інтелектуального аналізу даних, у тому числі:

- частотного аналізу та моделювання причин і структур поглиблених взаємозв'язків між "якісними" факторами;
- аналізу відповідностей для побудови латентних сегментувань ринку;
- дисперсійного аналізу для комплексу типологічних досліджень та моделювання взаємообумовленості факторів всередині типологічних груп;
- дискримінантного аналізу для побудови класифікаційних функцій для сегментування учасників ринку;
- канонічного аналізу для дослідження концептуальних взаємообумовленостей між факторами ринкового середовища;
- системи одночасових рівнянь для моделювання складних причинно-наслідкових між факторами середовища.

2. Поглиблення ідентифікації та портретного опису ринкових сегментів за сукупністю початкових і латентних предикторів.

3. Підвищення якості моделей засобами регуляризації.

4. Розширення модельної бази кластеризації ринку на базі модифікації методу  $k$ -середніх, процедур типу SVM тощо.

5. Ансамблеве розширення алгоритмів класифікаційних дерев (методи CHAID, вичерпний CHAID, CRT, QUEST) [16].

6. Розширення "динамічного" блоку моделями нелінійної динаміки для моделювання поведінки конкурентних ринків і динамічного факторного аналізу для виявлення латентних динамічних факторів [6, 7].

7. Концептуалізація знань про закономірності поведінки ринку на базі моделей глибокого навчання нейромереж.

8. Побудова системи моделей оцінювання та прогнозування ринкових тенденцій засобами нечіткого моделювання як засобу врахування суб'єктивної складової формування попиту.

7. Включення блоків прийняття багатоцільових багатокритеріальних маркетингових рішень.

Операційний блок включатиме:

1. Реалізацію етапів технологічного циклу Data Science, включаючи підготовку даних (розвідувальний аналіз).

2. Поглиблену візуалізацію початкових даних і результатів моделювання.

3. Побудову асоціативних правил для аналізу поведінки учасників ринку.

4. Аналіз неструктурованих текстів (Text Mining) для формування рекламних матеріалів.

5. Розробку рекомендаційних моделей на базі моделей колаборативної фільтрації.

6. Створення системи веб-сервісів для комплексних досліджень ринку.

**Висновки.** Підсумовуючи викладене, зазначимо, що проведене дослідження механізмів функціонування та економіко-математичного моделювання морозива дало можливість обґрунтувати вибір модельних технологій інтелектуального аналізу даних, науки про дані та машинного навчання для визначення тенденцій і закономірностей формування ринку пропозиції на базі використання релевантної інформації. Зокрема, встановлено, що процес реалізації і продажів морозива у торговельних мережах може бути структурованим за сукупністю ознак. Даний процес підпорядковується у своєму розвитку тенденціям як статичного, так і динамічного рівнів, а отже, є модельно окресленим. Аналіз інтенсивності продажів і товарної пропозиції ринку морозива дав можливість зробити висновок про його значну обсягову місткість, наявний потенціал щодо нарощування обсягів реалізації, а також еластичність і реактивність щодо впровадження ефективних маркетингових заходів.

У напрямку використання модельного інструментарію за результатами проведеного дослідження одержано такі висновки.

1. В умовах зростання актуальності інноваційних підходів до формування маркетингової політики пріоритетним напрямом розроблення маркетингових стратегій є залучення потенціалу сучасних технологій: аналітичних, дослідницьких, інформаційно-комунікаційних тощо. Означені технології базуються на використанні інтелектуального ядра економіки знань — математичного моделювання.

2. Теоретико-методологічною базою сучасних маркетингових досліджень і маркетингової діяльності стають такі напрями моделювання в економіці як інтелектуальний аналіз даних, еволюційний підхід і нелінійна динаміка, нейронечіткість, багатокритеріальність, стохастичні процеси, ризикологія, врахування системних характеристик тощо. Вони дозволяють встановлювати латентні тенденції та закономірності досліджуваних систем, ідентифікувати структурні змін у процесі моніторингу та прогнозування розвитку процесів насичення внутрішнього ринку, формування попиту і асортиментної політики промислових виробників.

3. З урахуванням специфіки задач маркетингового дослідження та вхідної інформації, зростає потреба у розробленні моделей комплексного дослідження маркетингового середовища та попиту, що охоплюватимуть різні аспекти формування товарних ринків одночасно за проблемно- та методо-орієнтованим принципами.

4. Процеси споживання та задоволення попиту населення на продукти харчування, зокрема, морозиво, формуються в типологічних угрупованнях, які можна ідентифікувати та окреслити на базі сучасних підходів штучного інтелекту.

5. Пріоритетним інструментарієм маркетингових досліджень для моделювання попиту, ринку споживання, поведіння контрагентів товарних ринків є сучасні інтелектуальні модельні технології на базі машинного навчання, оскільки вони здатні ефективно використовувати значні обсяги накопичених даних і трансформувати їх у знання — тенденції та закономірності розвитку. Основою інтелектуальних модельних технологій є концепція шаблонів (паттернів), що відображають фрагменти багатоаспектних взаємовідношень у даних — закономірностей, що властиві підвибіркам даних. Пошук цих шаблонів здійснюватиметься методами, не обмеженими рамками апріорних припущень щодо структури вибірки і вигляду розподілу значень аналізованих показників.

6. Модельні технології маркетингових досліджень мають охоплювати підходи до аналізу поведінки макро- та мікроекономічних процесів у межах моделювання динамічних і статичних аспектів економічної діяльності виробників.

7. Модельні технології маркетингових досліджень окрім функціональних складових, мають включати засоби забезпечення адекватності та стійкості результатів, зокрема, препроцесинг, регуляризацію моделей, бутстреп тощо.

8. У комплексі інтелектуальних модельних технологій маркетингу розв'язуватимуться задачі визначення динамічних і просторових регулярностей у даних, зокрема, класифікацій, пошуку асоціативних правил і кластеризації.

9. З метою одержання альтернативних результатів для поглиблення інтерпретації інтелектуальні модельні технології мають реалізовувати ансамблевий підхід.

10. Дослідження і моделювання динамічних властивостей ринку пропозиції продукції промисловості спрямовується на визначення тенденцій зміння обсягових і структурних характеристик ринку — показників виробництва, експортно-імпортних операцій з урахуванням наявного попиту і параметрів внутрішнього ринку споживання, таких як структурованість, насиченість, стійкість, мобільність, інерційність, місткість тощо.

11. У даний час інтенсивно впроваджуються нові концепції та технології маркетингу, зокрема, ритейл-маркетинг, нейромаркетинг, латеральний маркетинг, інтернет-, E-mail- і мережевий маркетинг, контент-маркетинг, партизанський маркетинг тощо. Предметом дослідження, наприклад, стає феномен і моделі "вірусного" розповсюдження інформації. За цим напрямом розроблятимуться сучасні технології маркетингу поголосу і соціального впливу, що "заражають" товари та ідеї. Визначені маркетингові новації потребують інтенсивного розроблення теоретичного підґрунтя та методології, що базується на технологіях глибокого навчання на даних зі сфер, що є близькими до маркетингу, наприклад, соціології, психології, дослідженнях когнітивних і поведінкових процесі та нейробиології тощо. Використовуватимуться новітні знання про закономірності людського сприйняття, раціональні та ірраціональні аспекти здійснення вибору, технології здійснення та врахування в дослідженнях емоційного впливу на покупців, пошуку мотиваторів здійснення покупок, подолання фрагментації знань і заходів.

12. В умовах цифрової економіки відбуватиметься стрімке впровадження новітніх інтелектуальних технологій маркетингових досліджень. Вагомим інтелектуальним ресурсом означених трансформацій є залучення до розроблення та реалізації маркетингової політики фахівців — моделерів, які володіють технологіями інформаційного суспільства XXI століття, зокрема, в

економічній бізнес-аналітиці (Business Intelligence), аналітиці даних (Data Science), інтелектуальному аналізу даних (Data Mining), машинному навчанні (Machine Learning), видобуванні знань (Knowledge Discovery in databases), обробці та аналізі текстів (Text Mining), аналізі інформації в Інтернеті (Web Mining), аналізі "великих даних" (Big Data Analytics) тощо.

*В економічному напрямку* за результатами дослідження можна зробити такі висновки щодо механізмів забезпечення ефективності функціонування товарного ринку продуктів харчування, зокрема, морозива.

1. Пріоритетами державної політики в найближчий час будуть заходи, що спрямовано на захист внутрішнього ринку, підтримку вітчизняних товаровиробників. З урахуванням потужної бюджетотвірної та стабілізаційної функції ринку продуктів харчування та з метою підтримки продовольчої безпеки, регулювання даного ринку одночасно здійснюється в інтересах національної економіки та бізнесу.

2. У даний час для більшості вітчизняних промислових товаровиробників поглиблюватиметься інтеграція товарних ринків, а отже, зростатиме внутрішньогалузева конкуренція, що на фоні обмеженості ресурсів та оборотних коштів, зношеності устаткування, труднощів зі збутом, недовикористання виробничих потужностей, зумовлюватиме збільшення нестабільності та ризику.

3. Моделювання динаміки обсягів продажів морозива, а також макроекономічний аналіз доводять, що у найближчий сезон відбудуватиметься спад продажів основних асортиментних груп морозива у зв'язку із зниженням купівельної спроможності населення, цінами на молоко, як на основну сировину, цінами на імпортні компоненти та динамікою ВВП. Виробникам слід диверсифікувати ризики та розглянути можливість виробництва суміжних товарних груп, що відносяться до базових потреб населення у продуктах харчування. Раціональною є орієнтація на використання вітчизняної сировини.

4. Найближчим часом на вітчизняному ринку морозива спостерігатиметься зростання частки експортованої продукції, хоча для транспортування необхідно дотримання спеціальних умов та подолання значних ризиків.

5. Для досягнення фінансової ефективності, виробники морозива повинні приділити особливу увагу ціновій політиці, адже як доведено проведеними дослідженнями, ціна товарної одиниці є вагомим фактором порівняно із факторами заохочення споживача до покупки: рекламою, упаковкою, вагою тощо. Таким чином,

виробник досягне більшої ефективності якщо зробить акцент на ті цінові сегменти, які є наразі визначальними на ринку — найдешевший і середній. Для того щоб розмежувати товари в цих цінових сегментах, доцільно відокремити бренди та уникати перетинання цін, особливо в періоди тимчасових знижок.

6. Враховуючи, що для виробників морозива особливо важливим є питання розширення асортименту та виведення на ринок нових видів продукції, використання нейронної мережі дозволило прогнозувати оптимальні канали для збуту для кожної з нових товарних одиниць. Таким чином, у більш дорогих каналах як гіпермаркети та супермаркети доцільнішим буде запуск товарних одиниць морозива на паличці, які традиційно належать до преміальних товарів або товарів середнього цінового сегменту, тоді як у мінімаркетах ефективною буде реалізація дешевших товарів, зокрема, морозива на паличці.

7. Результати моделювання потенційних нових запусків свідчать про те, що через продовження кризи на ринку морозива, песимістичні прогнози щодо розвитку категорії у найближчому сезоні та еластичність споживачів до ціни, виробникам слід звернути особливу увагу на дешеві формати морозива: морозиво у вафельному стаканчику, морозиво в брікетах і розглянути можливість нових запусків саме в цих сегментах.

Результатом виконаного дослідження, на думку авторів, є структурування інтелектуальних модельних технологій відповідно до типу задач та етапів дослідження, видів моделей, початкових даних і маркетингових задач. Комплекс рекомендацій для прийняття управлінських рішень в сфері маркетингу дозволить зорієнтувати виробників і маркетологів у виборі ефективних стратегій діяльності та поглибить уявлення про потенціал модельних технологій в маркетинговому аналізі. Моделі запропонованого комплексу можуть бути використані в маркетингових дослідженнях для прийняття узгодженні рішень виробників ринку товарів швидкого споживання, що одержуватимуть нові знання про ринкові процеси, системи зв'язків попитувірних факторів і тенденції формування попиту. Отже, система моделей машинного навчання, ефективно долає проблему невизначеності та є сучасним інтелектуальним інструментарієм моделювання та підтримки прийняття рішень. Таким чином, можна вважати, що інтелектуальні модельні технології є інноваційною складовою аналітики товарів швидкого споживання, зокрема, продуктів харчування та можуть бути ефективно впроваджені в практику дослідницької, управлінської та консалтингової діяльності.

## Література

1. *Ляшенко В.І.* Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку: монографія / В.І. Ляшенко, О.С. Вишневецький; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. — Київ, 2018. — 252 с.
2. *Вахлакова В. В.* Економічна безпекологія: становлення науки / В. В. Вахлакова // Проблеми економіки. — 2017. — № 1. — С. 290–296.
3. *Андрющенко І. Є.* Прогнозування рівня життєздатності промислових підприємств / І. Є. Андрющенко // Економіка та держава № 2/2017. — С. 28–31.
4. *Вітлінський В.В.* Методологічні засади моделювання ризику в системі економічної безпеки /В.В. Вітлінський // Моделювання та інформаційні системи в економіці: збірник наукових праць. — К.: КНЕУ, 2017. Вип. 94. — С.14–27.
5. Современные подходы к моделированию социально-экономических систем: [монография] / В.С. Пономаренко, Т.С. Клебанова, А.И. Черняк, С.А. Рыбальченко и др.; [под ред. В.С. Пономаренко, Т.С. Клебановой, Н.А. Кизима.] — Харьков: ИД „ИНЖЭК”, 2011. — 280 с.
6. *Вітлінський В.В., Катуніна О.С.* Моделювання динаміки формування асортименту продукції промислових підприємств / В.В. Вітлінський О.С. Катуніна // Сучасні концепції прогнозування розвитку складних систем. Бердянськ 2014. Монографія.Бердянський національний університет. — С.38–52.
7. *Катуніна, О.С.* Прогнозування процесів насичення ринку на базі динамічних факторних моделей / О.С. Катуніна // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — К.: Вид-во КНЕУ, 2014. – Вип.90. – С. 106–125.
8. *Вітлінський В.В., Катуніна О.С.* Моделювання суб’єктивних просторів якості життя у прогнозуванні попиту / В.В. Вітлінський О.С. Катуніна // Сучасні концепції прогнозування розвитку складних систем. Бердянськ. 2013. Монографія. Бердянський національний університет. — С. 38–52.
9. *Джеймс Г., Уиттон Д., Хасті Т.* Введение в статистическое обучение с примерами на языке R. / Пер. с англ. С.Э. Мاستицкого. – М.: ДМК Пресс. 2016. — 450 с.
10. *Ю. Лесковец, А. Раджараман.* Анализ больших наборов данных. / Пер. с англ. Слинкин А.А. — М.: ДМК Пресс. 2016. — 498 с.
11. *Флах П.* Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания их данных / пер. с англ. А.А.Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2015. — 400 с.
12. *Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А.* Глубокое обучение / пер. с англ. А.А.Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2017. — 652 с.
13. *Силен Д., Мейсман А., Али М.* Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. – СПб.: Питер, 2017. — 336 с.
14. *Бринк Х., Ричардс Дж., Феверолф М.* Машинное обучение. — СПб.: Питер 2017. — 336 с.

15. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными.: Пер. с англ. — СПб.: ИТЦ "Альфа-книга", 2017. — 480 с.
16. Груздев А.В. Прогнозное моделирование в IBM SPSS Statistics и R: Метод деревьев решений. — М.: ДМК Пресс, 2016. — 278 с.
17. Рашка С. Python и машинное обучение / пер. с англ. А.В. Логунова. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 418 с.
18. Даррен К. Машинное обучение с использованием библиотеки H2O. — М.: ДМКПресс, 2017. -250 с.
19. Шарден Б., Массарон Л., Боскетти А. Крупномасштабное машинное обучение вместе с Python . — М.:ДМКПресс, 2017, — 358 с.
20. Вандер П. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. — СПб.: Питер, 2018 — 576 с.

### **References**

1. Liashenko V.I. Tsyfrova modernizatsiia ekonomiky Ukrainy yak mozhlyvist proryvnoho rozvytku: monohrafiia / V.I. Liashenko, O.S. Vyshnevskiy; NAN Ukrainy, In-t ekonomiky prom-sti. — Kyiv, 2018. — 252 s.
2. Vakhlakova V. V. Ekonomichna bezpekolohiia: stanovlennia nauky / V. V. Vakhlakova // Problemy ekonomiky. — 2017. — № 1. — S. 290–296.
3. Andriushchenko I. Ye. Prohnozuvannia rinvnia zhyttiezdatnosti promyslovykh pidpriemstv / I. Ye. Andriushchenko // Ekonomika ta derzhava № 2/2017. — S.28–31.
4. Vitlinskyi V.V. Metodolohichni zasady modeliuвання ryzyku v systemi ekonomichnoi bezpeky /V.V. Vitlinskyi // Modeliuвання ta informatsiini systemy v ekonomitsi: zbirnyk naukovykh prats. — K.: KNEU, 2017. Vyp. 94. — S.14–27.
5. Современные подходы к моделированию социально-экономических систем: [monohrafiia] / V.S. Ponomarenko, T.S. Klebanova, A.Y. Cherniak, S.A. Rybalchenko y dr.; [pod red. V.S. Ponomarenko, T.S. Klebanovoi, N.A. Kyzyma.] — Kharkov: YD „YNZhЭК”, 2011. — 280 s.
6. Vitlinsky V.V., Katunina O.S. Modelyuvannya dy`namiky` formuvannya asorty`mentu produkciyi promy`slovy`x pidpny`emstv [Modeling the dynamics of the production assortment of industrial enterprises] / V.V. Vitlinsky O.S. Katunina // Suchasni koncepciyi prognozuvannya rozvy`tku skladny`x sy`stem. Berdyans`k 2014. Monografiya.Berdyans`ky`j nacional`ny`j universy`tet. — S.38–52.
7. Katunina, O.S. Prognozuvannya procesiv nasy`chennya ry`nku na bazi dy`namichny`x faktorny`x modelej [Forecasting processes of saturation of the market based on dynamic factor models]. / O.S. Katunina // Modelyuvannya ta informacijni sy`stemy` v ekonomici. — K.: Vy`d-vo KNEU, 2014. – Vy`p.90. – S. 106–125.
8. Vitlinsky V.V., Katunina O.S. Modelyuvannya sub`yektv`vny`x prostoriv yakosti zhy`t`tya u prognozuvanni popy`tu [Modeling of subjective



spatial quality of life in the projection requirement]. / V.V. Vitlinsky O.S. Katunina // Suchasni koncepciyi prognozuvannya rozvy'tku skladny'x sy'stem. Berdyans'k. 2013. Monografiya. Berdyans'ky'j nacional'ny'j universy'tet. — S. 38–52.

9. Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer-Verlag New York, 2013. 426p. (Russ. ed.: Dzheymys G., Uiton D., Hasti T., Vvedenie v statisticheskoe obuchenie s primerami na yazyike R / Per. s angl. S.E. Mastitskogo // M.: DMK Press. 2016. — 450 s.).

10. Yu. Leskovets, A. Radzharaman Analiz bolshih naborov dannyih. [Analysis of large datasets]./ Per. s angl. Slinkin A.A. // M.: DMK Press. 2016. — 498 s.

11. Flach Peter. *Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data*. Cambridge University Press, 2012. 409 p. (Russ. ed.: Flah P. Mashinnoe obuchenie. Nauka i iskusstvo postroeniya algoritmov, kotoryie izvlekayut znaniya ih dannyih / per. s angl. A.A. Slinkina // M.: DMK Press, 2015. — 400 s.)

12. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville *Deep Learning*. The MIT Press, 2016. 800 p. (Russ. ed.: Gudfellou Ya., Bendzhio I., Kurvill A. Glubokoe obuchenie / per. s ang. A.A.Slinkina // M.: DMK Press, 2017. — 652 s.).

13. Davy Cielen, Arno D.B. Meysman, Mohamed Ali *Introducing Data Science: Big Data, Machine Learning, and more, using Python tools*. Dreamtech Press India Pvt. Ltd, 2016. 320 p. (Russ. ed.: Silen D., Meysman A., Ali M. Osnovy Data Science i Big Data. Python i nauka o dannyih. SPb.: Piter, 2017. — 336 s.).

14. Henrik Brink, Joseph Richards, Mark Fetherolf *Real-World Machine Learning*. Manning Publications Co, 2016. 400 p. (Russ. ed.: Brink H., Richards Dzh., Feverolf M. Mashinnoe obuchenie. — SPb.: Piter 2017. — 336 s.).

15. Mueller A., Hvydo S. Vvedenye v mashynnoe obuchenye s pomoshchiu Python. Rukovodstvo dlia spetsyalystov po rabote s dannyimi.: Per. s anhl. — SPb.: ShchShchShch "Alfa-knyha", 2017. — 480 s.

16. Hruzdev A.V. Prohnozne modelyrovanye v IBM SPSS Statistics y R: Metod derevev reshenyi. — M.: DMK Press, 2016. — 278 s.

17. Raschka S. *Python Machine Learning*. Packt Publishing — ebooks, 2015. 454 p. (Russ. ed.: Rashka S. Python i mashinnoe obuchenie / per. s angl. A.V. Logunova. — M.: DMK Press, 2017. — 418 s.).

18. Darren K. Mashynnoe obuchenye s yspolzovanyem byblyoteky N2O. — M.: DMKPress, 2017. —250 s.

19. Sharden B., Massaron L., Bosketty A. Krupnomasshtabnoe mashynnoe obuchenye vmeste s Python . — M.:DMKPress, 2017, — 358 s.

20. Vander P. Python dlia slozhnykh zadach: nauka o dannyikh y mashynnoe obuchenye. — Spb.: Pyter, 2018 — 576 s.

Статтю подано до редакції 28.09.2018 р.

**Г. В. Мамонова**, к.фіз.-мат.н., доцент  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана»  
**Л. О. Попович**, аспірантка  
Університет державної фіскальної служби України

**C. V. Mamonova**, PhD, Associate Professor  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»  
**L. O. Popovych**, postgraduate student  
University of the State Fiscal Service of Ukraine

## **ІЄРАРХІЯ ЗАГРОЗ ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ**

### **IERARCHY OF THREAT OF EFFECTIVE FUNCTIONING OF HIGHER EDUCATION ESTABLISHMENTS IN UKRAINE**

*Анотація. У статті освіта розглядається як основа розвитку національних економік. Зазначено, що успіху досягають ті країни, які змогли забезпечити високий рівень розвитку освіти, продукують нові знання, використовують нові технології. Для багатьох із них вища освіта є пріоритетною сферою економіки, в яку вкладаються значні фінансові ресурси із метою забезпечення її розвитку.*

*У статті зацентровано увагу на проблемах, що пов'язані з фінансуванням закладів вищої освіти в Україні, зокрема: низький рівень інтернаціоналізації вітчизняних закладів вищої освіти; неузгодженість позицій науковців і політиків щодо розвитку освіти; моральний і матеріальний знос основних засобів і нематеріальних активів у закладах вищої освіти; відносна сповільненість темпів розвитку освіти в порівнянні зі стрімкою модернізацією сучасного суспільства; відставання якості вітчизняної освіти у порівнянні з освітніми системами розвинених держав світу; низький рівень підготовки випускників закладів вищої освіти; незбалансованість джерел фінансування вищої школи; перенасиченість ринку праці випускниками закладів вищої освіти; відрив навчання від практики; недостатнє фінансування інноваційних потреб закладів вищої освіти та розвитку науково-педагогічного потенціалу; відсутність чіткої стратегії фінансування закладів вищої освіти; невідповідність статусу закладів вищої освіти «бюджетна установа», як суб'єктів економічної діяльності, засадам ринкової економіки; конкуренція вітчизняних закладів вищої освіти із зарубіжними навчальними закладами.*

*У статті проведено аналіз наявності каузальних зв'язків між основними загрозами ефективного функціонування закладів вищої освіти в Україні. Для систематизації виявлених загроз використано математичне моделювання. Використовуючи метод аналізу ієрархії загроз ефективному функціонуванню закладів вищої освіти у статті упорядковано їх за важливістю впливу на процес. Також метод Томаса Саати дозволив виявити компоненти для посилення чи послаблення дії спричиняючого фактора,*

тобто проаналізовано ступені впливу, а також виділено ті загрози, які найбільше впливають на ефективне функціонування закладів вищої освіти.

Ключові слова: вища освіта, заклади вищої освіти, ефективність, загрози, метод аналізу ієрархій.

*Annotation. In the article, education is seen as the basis for the development of national economies. It is noted that success is achieved by those countries that were able to provide a high level of education, produce new knowledge, use new technologies. For many of them, higher education is a priority area of the economy, which invests significant financial resources to ensure its development.*

*The article focuses on the problems related to the financing of higher education institutions in Ukraine, in particular: the low level of internationalization of domestic higher education institutions; inconsistency of positions of scientists and politicians in the development of education; moral and material depreciation of fixed assets and intangible assets in higher education institutions; relative slowdown in the development of education compared with the rapid modernization of modern society; Lack of quality of domestic education in comparison with educational systems of developed countries of the world; low level of education of graduates of higher education institutions; imbalance of sources of funding for higher education; overcrowding of the labor market by graduates of higher education institutions; separation of training from practice; insufficient financing of innovative needs of institutions of higher education and development of scientific and pedagogical potential; lack of a clear strategy for financing higher education institutions; inconsistency of the status of institutions of higher education "budget institution", as subjects of economic activity, the principles of a market economy; competition of domestic institutions of higher education with foreign educational institutions.*

*The article analyzes the existence of causal links between the main threats to the effective functioning of institutions of higher education in Ukraine. Mathematical modeling is used to systematize detected threats. Using the method of analysis of the hierarchy of threats to the effective functioning of institutions of higher education in the article, they are ordered by the importance of influencing the process. Also, the method of Thomas Saadi allowed to identify the components to enhance or weaken the effect of the causative factor, that is, the levels of influence were analyzed, and the threats that had the greatest impact on the effective functioning of higher education institutions were highlighted.*

*Key words: higher education, higher educational establishments, efficiency, threats, analytic hierarchy process.*

**Вступ.** Для здійснення ефективного фінансування діяльності вищої освіти, підвищення її ролі в розвитку вітчизняного суспільства, актуальним є дослідження нагальних проблем, що виникають у цій сфері. Масштабні реформи, які проходять в Україні, в освітній сфері спонукають до переосмислення існуючої системи та пошуку нових форм і методів забезпечення належного рівня функціонування закладів вищої освіти. Поряд з позитивними змінами, які відбуваються при реформуванні вищої школи та приведення її до європейських стандартів, виникає ряд загроз, що порушують ефективну діяльність закладів вищої освіти.

Вчасно виявлені загрози, які можуть спричинити негативний вплив на функціонування навчальних закладів, а також оперативно вжиті заходи щодо їх усунення чи мінімізації негативного впливу сприяють ефективному та стабільному розвитку не лише окремо взятих закладів вищої освіти, але й у цілому всієї освітньої сфери. Саме тому важливим завданням є визначення спектру потенційних загроз, які тим чи іншим чином можуть негативно відзначитись на діяльності закладів вищої освіти.

Дослідженню теоретичних і прикладних аспектів функціонування закладів вищої освіти присвячені наукові розробки: Т. Боголіб, Ю. Вітренко, В. Ворони, В. Гейця, І. Каленюк, В. Кременя, В. Ковтунця, В. Куценко, Л. Іщука, І. Лютого. Високо оцінюючи вклад вітчизняних науковців у вирішення питань фінансування закладів вищої освіти, варто звернути увагу на об'єктивну необхідність подальшого поглиблення теоретичних досліджень та практичних рекомендацій щодо його вдосконалення на сучасному етапі розвитку. Серед численної кількості публікацій не було приділено уваги аналізу загроз ефективного функціонування закладів вищої освіти.

**Мета** дослідження моделювання ієрархії загроз ефективного функціонування закладів вищої освіти.

**Результати.** Зрозуміло, що для ефективного функціонування системи вищої освіти вирішальне значення має рівень фінансування та його раціональний розподіл. Сьогодні науковці дотримуються тієї думки, що сучасна економічна теорія і практика визнають результати економічної діяльності закладів вищої освіти невід'ємною складовою ринкової економіки і включають їх до валового внутрішнього продукту (далі — ВВП) — одного із найбільш використовуваних індикаторів результатів економічної діяльності. Конкретним результатом економічної діяльності у сфері вищої освіти виступають послуги вищої освіти, які є одними із складових ВВП [1].

Питання оптимізації фінансування закладів вищої освіти постає в сучасних умовах досить гостро. При моделюванні загроз для ефективного функціонування закладів вищої освіти можливою є побудова економіко-математичної моделі, яка б охоплювала різні параметри й дозволила визначити проблемні аспекти у фінансуванні навчальних закладів.

У результаті досліджень [1] було виділено ряд загроз ефективного функціонування закладів вищої освіти, зокрема:

- низький рівень інтернаціоналізації вітчизняних закладів вищої освіти;

- неузгодженість позицій науковців і політиків щодо розвитку освіти;
- моральний і матеріальний знос основних засобів і нематеріальних активів у закладах вищої освіти;
- відносна сповільненість темпів розвитку освіти в порівнянні зі стрімкою модернізацією сучасного суспільства;
- відставання якості вітчизняної освіти у порівнянні з освітніми системами розвинених держав світу;
- низький рівень підготовки випускників закладів вищої освіти;
- незбалансованість джерел фінансування вищої школи (значне перевалювання державної частки);
- перенасиченість ринку праці випускниками закладів вищої освіти;
- відрив навчання від практики;
- недостатнє фінансування інноваційних потреб закладів вищої освіти та розвитку наукового-педагогічного потенціалу;
- відсутність чіткої стратегії фінансування закладів вищої освіти;
- невідповідність статусу закладів вищої освіти «бюджетна установа», як суб'єктів економічної діяльності, засадам ринкової економіки;
- конкуренція вітчизняних закладів вищої освіти із зарубіжними навчальними закладами.

Використовуючи метод аналізу ієрархії загроз ефективному функціонуванню закладів вищої освіти можна упорядкувати їх за важливістю впливу [2]. Також метод Томаса Сааті дозволить виявити компоненти для посилення чи послаблення дії спричиняючого фактора.

Припустимо, що множина  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$  містить загрози функціонування закладів вищої освіти в сучасних економічних, соціальних і політичних реаліях. Відтак, необхідно визначити ключові загрози, чим задано підмножину  $Z_1 = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$  множини  $Z$  ( $Z_1 \subset Z$ ). Сформуємо таблицю, де буде зазначений перелік факторів (загроз) і їх математичне позначення (табл. 1).

## ПЕРЕЛІК ФАКТОРІВ ТА ЇХ МАТЕМАТИЧНЕ ПОЗНАЧЕННЯ

Математичне позначення	Назва фактора	Мнемонічна назва
$Z_1$	низький рівень інтернаціоналізації вітчизняних закладів вищої освіти	<b>НРІ</b>
$Z_2$	неузгодженість позицій науковців і політиків щодо розвитку освіти	<b>НПНП</b>
$Z_3$	моральний матеріальний знос основних засобів та нематеріальних активів у закладах вищої освіти	<b>ММЗОЗ</b>
$Z_4$	відносна сповільненість темпів розвитку освіти в порівнянні зі стрімкою модернізацією сучасного суспільства	<b>ВСТРО</b>
$Z_5$	відставання якості освіти у порівнянні з освітніми системами розвинених держав світу	<b>ВЯО</b>
$Z_6$	низький рівень підготовки випускників закладів вищої освіти	<b>НРПВ</b>
$Z_7$	незбалансованість джерел фінансування вищої школи (значне перевалювання державної частки)	<b>НДФ</b>
$Z_8$	перенасиченість ринку праці випускниками закладів вищої освіти	<b>ПРПВ</b>
$Z_9$	відрив навчання від практики	<b>ВН</b>
$Z_{10}$	недостатнє фінансування інноваційних потреб закладів вищої освіти та розвитку наукового-педагогічного потенціалу	<b>НФП</b>
$Z_{11}$	відсутність чіткої стратегії фінансування закладів вищої освіти	<b>ВЧСФ</b>
$Z_{12}$	невідповідність статусу закладів вищої освіти «бюджетна установа», як суб'єктів економічної діяльності, засадам ринкової економіки	<b>НС</b>
$Z_{13}$	конкуренція вітчизняних закладів вищої освіти із зарубіжними навчальними закладами	<b>КВЗ</b>

Джерело: розроблено авторами

Відобразимо підмножину факторів  $Z_1$  та можливі взаємозв'язки між ними за допомогою орієнтованого графа (рис. 1). Орієнтований граф складається з 13 точок, де ребра з'єднують суміжні пари вершин  $(z_i, z_j)$ . Стрілка прямує від фактора  $z_i$ , що належить від фактора  $z_j$  (кінець стрілки).

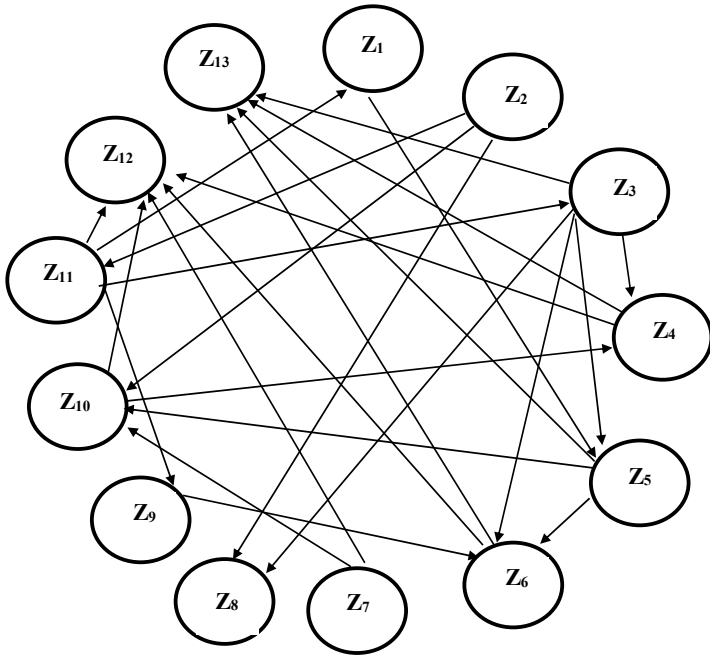


Рис. 1. Граф зв'язків між основними загрозами ефективного функціонування закладів вищої освіти

Джерело: розроблено авторами

Використовуючи дані рис. 1 можна побудувати бінарну матрицю залежності  $B = (b_{ij}, i, j = \overline{1,13})$ , де кожен з елементів матриці

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо вершина } i \text{ залежить від вершини } j \\ 0, & \text{якщо вершина } i \text{ не залежить від вершини } j \end{cases} \quad (1)$$

У відповідності з результатом бінарного відношення «залежить від» всі елементи в матриці можуть приймати два значення 0 і 1. Таблиця 2 демонструє бінарну матрицю залежності. В першому стовпчику та першому рядку таблиці зазначається номер загрози, а в другому рядку і в другому стовпці — її мнемонічна назва. Створена матриця задовольняє умову транзитивності.

## БІНАРНА МАТРИЦЯ ЗАЛЕЖНОСТІ

	Мнемонічна назва фактора	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		НРІ	НПНП	ММЗОЗ	ВСТРО	ВЯО	НРПВ	НДФ	ПРПВ	ВН	НФП	ВЧСФ	НС	КВЗ
1	НРІ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	НПНП	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
3	ММЗОЗ	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
4	ВСТРО	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5	ВЯО	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
6	НРПВ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
7	НДФ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
8	ПРПВ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	ВН	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	НФП	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
11	ВЧСФ	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
12	НС	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	КВЗ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Джерело: розроблено авторами

Побудуємо матрицю досяжності  $I+B$ , де  $I$  — одинична матриця порядку 13. Отримана матриця задовольняє умову

$$(I + B)^{k-1} \leq (I + B)^k = (I + B)^{k+1}, \quad (2)$$

де  $k$  — ціле число.

З множини  $Z_1$ , яку раніше ми визначили, для кожного із тринадцяти факторів можна виділити дві підмножини:  $R(z_i)$  — множина досяжності,  $A(z_i)$  — попередня множина (множина попередніх вершин). Досяжною вершина може вважатися при умові: вершину  $z_j$  можна досягти з вершини  $z_i$  у графі (рис. 1) буде наявний шлях, що веде з вершини  $z_i$  до вершини  $z_j$ . Вершина  $z_i$  являється вершині  $z_j$  попередницею, в разі якщо може досягнути її вершини.



Сформовані множини  $R(z_i)$ ,  $A(z_i)$ , а також їх переріз  $R(z_i) \cap A(z_i)$  представлено у табл. 3. З тих вершин графа, для яких виконується умова

$$A(z_i) = R(z_i) \cap A(z_i), \quad (3)$$

формується перший (нижній) рівень ієрархії. Ці вершини можна вважати такими, які є не досяжними з усіх інших вершин графа [2].

Необхідно визначити перший рівень (нижній з точки зору найбільшого впливу на досліджуваний об'єкт) в ієрархії загроз. Саме для цього потрібно побудувати таблицю (табл. 3), відповідно до алгоритму, представленому у роботі [3].

Таблиця 3

**ПЕРША ІТЕРАЦІЯ**

$Z_i$	$R(z_i)$	$A(z_i)$	$R(z_i) \cap A(z_i)$
$Z_1$	$Z_1, Z_5$	$Z_1, Z_{11}$	$Z_1$
$Z_2$	$Z_2, Z_8, Z_{10}, Z_{11}$	$Z_2$	$Z_2$
$Z_3$	$Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, Z_8, Z_{13}$	$Z_3, Z_{11}$	$Z_3$
$Z_4$	$Z_4, Z_{12}, Z_{13}$	$Z_3, Z_4, Z_{10}$	$Z_4$
$Z_5$	$Z_5, Z_6, Z_{10}, Z_{13}$	$Z_1, Z_3, Z_5$	$Z_5$
$Z_6$	$Z_6, Z_{12}, Z_{13}$	$Z_3, Z_5, Z_6, Z_9$	$Z_6$
$Z_7$	$Z_7, Z_{10}, Z_{12}$	$Z_7$	$Z_7$
$Z_8$	$Z_8$	$Z_2, Z_3, Z_8$	$Z_8$
$Z_9$	$Z_6, Z_9$	$Z_9, Z_{11}$	$Z_9$
$Z_{10}$	$Z_4, Z_{10}, Z_{12}$	$Z_2, Z_5, Z_7, Z_{10}$	$Z_{10}$
$Z_{11}$	$Z_1, Z_3, Z_9, Z_{11}, Z_{12}$	$Z_2, Z_{11}$	$Z_{11}$
$Z_{12}$	$Z_{12}$	$Z_4, Z_6, Z_7, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}$	$Z_{12}$
$Z_{13}$	$Z_{13}$	$Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, Z_{13}$	$Z_{13}$

Джерело: розроблено авторами

Виконання умови (3) представлено для загроз:  $Z_2$  — неузгодженість позицій науковців і політиків щодо розвитку освіти;  $Z_7$  — незбалансованість джерел фінансування вищої школи (значне

перевалювання державної частки). Наступним кроком буде видалення з таблиці рядків, які відповідають обраним вершинам ( $Z_2$ ,  $Z_7$ ), а також видалення цифр 2, 7 з усієї таблиці [4]. Відповідно у орієнтованому графі видаляються всі вершини, що відповідають визначеним загрозам. Засобами комп'ютерного моделювання було отримано сім рівнів ієрархії загроз.

Аналогічно виокремлюємо наступні рівні ієрархії загроз ефективного функціонування закладів вищої освіти. Здійснивши аналіз, бачимо, що найвищим ступенем ризику є загроза, яку отримали на сьомому рівні — невідповідність статусу закладів вищої освіти «бюджетна установа», як суб'єктів економічної діяльності, засадам ринкової економіки, а також конкуренція вітчизняних закладів вищої освіти із зарубіжними навчальними закладами. Нині усі державні заклади вищої освіти перебувають у статусі «бюджетна установа», які відповідно до Бюджетного кодексу України «повністю утримуються за рахунок державного чи місцевого бюджету» і є неприбутковими [5]. В цьому контексті, ми погоджуємося з думкою науковців [1], що «статус «бюджетна установа» унеможливує одержання закладами вищої освіти економічної (у тому числі фінансової) самостійності (автономії)». Що ж до конкуренції вітчизняних закладів вищої освіти із зарубіжними навчальними закладами, то сьогодні багато студентів здобувають освіту за кордоном. І з кожним роком цей показник зростає. За даними ЮНЕСКО, зараз за кордоном навчається близько 40 тисяч українців [6].

Тож, на основі визначеної ієрархії факторів, можемо побудувати модель ключових загроз ефективному функціонуванню закладів вищої освіти (рис. 2).

Проведений аналіз дозволив визначити, що третій рівень ієрархії загроз формують такі фактори, як низький рівень інтернаціоналізації вітчизняних закладів вищої освіти, моральний та матеріальний знос основних засобів і нематеріальних активів у закладах вищої освіти, відрив навчання від практики. Четвертий рівень ієрархії належить загрозам — відставання якості освіти у порівнянні з освітніми системами розвинених держав світу, перенасиченість ринку праці випускниками закладів вищої освіти. П'ятий рівень ієрархії формують дві загрози — низький рівень підготовки випускників закладів вищої освіти, недостатнє фінансування інноваційних потреб закладів вищої освіти та розвитку науково-педагогічного потенціалу, а шостий рівень ієрархії визначає одну загрозу — відносна сповільненість темпів розвитку освіти в порівнянні зі стрімкою модернізацією сучасного суспільства.

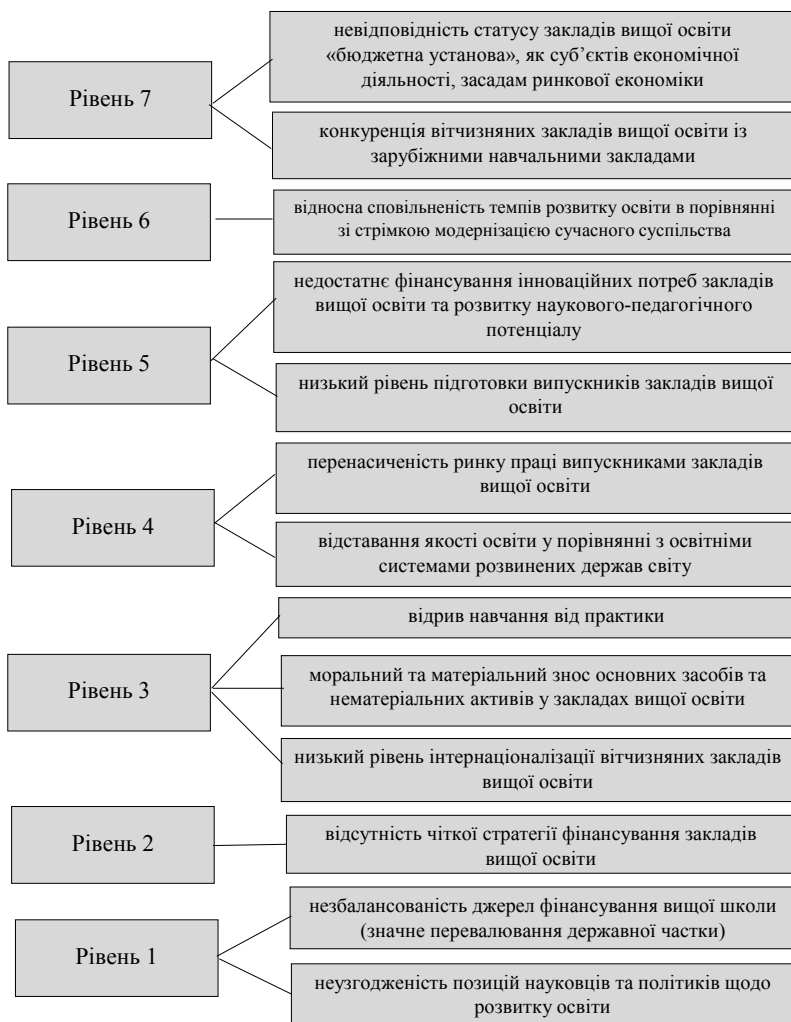


Рис. 2. Модель ієрархії загроз ефективності функціонування закладів вищої освіти в Україні

*Джерело:* розроблено авторами

**Висновки.** Прагнучи підвищити рівень конкурентоспроможності українських закладів вищої освіти, необхідно звернути увагу на ключові загрози ефективності діяльності навчальних закладів. У сучасному світі має більшою мірою усвідомлюватись те,

що без здійснення парадигмальних змін освіти, а також достатнього фінансування навчальних закладів, вища школа буде неспроможна виконувати свою місію підготовки молоді в конкурентоспроможних умовах розвитку економіки знань.

### **Література**

1. Економічні відносини у системі вищої освіти: модернізація в умовах інноваційної економіки / Монографія за заг. редакцією Ю. М. Вітренка. — Київ: Інститут вищої освіти НАПН України, 2017. — 165 с.
2. *Saaty T.L.* Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати / Пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.
3. *Мамонова Г. В., Немировська О. В.* Моделювання загроз для функціонування вітчизняних транснаціональних корпорацій [Електронний ресурс] / Г. В. Мамонова, О. В. Немировська // *Young Scientist*. — 2014. — №7. — Режим доступу: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2014/7/62.pdf>
4. Бюджетний кодекс України (Відомості Верховної Ради України) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2456-17>. — Ст.2.
5. Освіта за кордоном: чому студенти їдуть з України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://konkurent.in.ua/news/ukrayina/20788/osvita-za-kordonom-chomu-studenti-yidut-z-ukrayini.html>

### **References**

1. Vitrenko Yu.M. (2017) *Ekonomichni vidnosyny u systemi vyshchoi osvity: modernizatsiia v umovakh innovatsiinoi ekonomiky* [Economic relations in the system of higher education: modernization in an innovative economy]. — Kyiv: Instytut vyshchoi osvity NAPN Ukrainy
2. Saaty T.L. (1993) *Pryniatye reshenyi. Metod analiza yerarkhiyi.* [Making decisions. Method of hierarchy analysis]. — M.: Radyo y sviaz
3. Mamonova H. V. & Nemyrovska O. V. (2014). *Modeliuvannia zahroz dlia funktsionuvannia vitchyznianykh transnatsionalnykh korporatsii* [Modeling threats to the functioning of the national transnational corporations] *Molodyi naukovets (Young Scientist)*, no. 7. Retrieved from: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2014/7/62.pdf>
4. *Biudzhetni kodeks Ukrainy (Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy)* [Budget Code of Ukraine] Retrieved from: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2456-17>. — St. 2.
5. *Osvita za kordonom: chomu studenty yidut z Ukrainy.* [Education abroad. Why students go from Ukraine] Retrieved from: <https://konkurent.in.ua/news/ukrayina/20788/osvita-za-kordonom-chomu-studenti-yidut-z-ukrayini.html>

Статтю подано до редакції 11.10.2018 р.

Устенко С.В., д.е.н., професор,  
Остапович Т.В., аспірант,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
Університет імені Вадима Гетьмана»

Ustenko S., Dr., Prof.,  
Ostapovych T., post-graduate  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»

## АНАЛІЗ ТА ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ VoIP-ТЕЛЕФОНІЇ В БАНКІВСЬКИХ СИСТЕМАХ

### THE ANALYSIS AND USAGE THE TECHNOLOGIES OF VoIP-TELEPHONES AT THE BANKING SYSTEMS

*Анотація. Стаття присвячена використанню технологій VoIP-телефонії у банківських системах. VoIP — дослівно розшифровується як голосовий дзвінок за допомогою Інтернет протоколу. В статті розглянуто найпоширеніші Інтернет протоколи, які використовуються для здійснення дзвінка, висвітлено їхні недоліки та переваги. На простому прикладі пояснено принцип роботи VoIP-телефонії та технологій, які необхідні для здійснення дзвінка софтверно, білінгову систему, та здійснено короткий огляд тих ризиків та небезпек, які виникають під час здійснення телефонного дзвінка в мережі Інтернет. Також здійснено спробу в межах виділеної теми описати ті технології, які можна використати для захисту телефонного дзвінка в мережі Інтернет, зокрема мова йде про шифрування та автентифікацію, встановлення з'єднання за допомогою ключів. Для цього було здійснено аналіз принципів побудови та технологій використання VoIP-телефонії. Зокрема описано порівняння такої технології, та способи її практичного використання в банківській системі, як реалізація принципу єдиного інформаційного вікна для спрощення роботи оператора терміналу, збільшення надійності використання даних, так як відпадає потреба копіювати інформацію в межах різних інформаційних систем, тобто наголос робиться на тому, що створюється єдина система з єдиним потоком трафіку і як наслідок виникає можливість збільшити безпеку використання інформації. Єдине інформаційне вікно дає можливість створити фільтрацію адрес робочих станцій, що в свою чергу виключає використання несанкціонованих точок доступу до самої системи та запобігає витоку інформації. Крім цього було розглянуто впровадження цілісної системи VoIP-телефонії на прикладі роботи Публічного акціонерного товариства «Державний ощадний банк України». Надано структурні схеми реалізації VoIP-телефонії в роботі банківської системи та реалізації єдиного інформаційного вікна. Ключові слова: VoIP-телефонія, банківські системи, база знань, SIP, RADIUS.*

*Annotation. The article is devoted to the use of VoIP telephony technologies in banking systems. VoIP — literally stands for Voice over Internet Protocol. The article deals with the most common Internet protocols used to make a call, their shortcomings and advantages are highlighted. The simple explanation of the principle of VoIP-telephony and technologies required for making a call to the*

wholesaler, billing system, and a brief overview of the risks and dangers that arise when making a phone call on the Internet is explained. It also attempts to describe, within the topic, the technologies that can be used to protect a telephone call on the Internet, in particular, encryption and authentication, and the establishment of a connection using keys. For this purpose, an analysis of the principles of construction and technologies for the use of VoIP telephony was carried out. In particular, a comparison of such technology and methods of its practical use in the banking system, such as the implementation of the principle of a single information window for simplifying the operation of the terminal operator, and increasing the reliability of the use of data is described, since there is no need to copy information within the various information systems, that is, the emphasis is on that creating a single system with a single stream of traffic and as a consequence there is an opportunity to increase the security of the use of information. The only information window allows you to create filtering addresses of workstations, which makes it possible to exclude the use of unauthorized access points to the system itself, and to prevent the leakage of information. An example of the implementation of the whole VoIP telephony system was described, for example, Public Joint Stock Company "State Savings Bank of Ukraine". Structural schemes for the implementation of VoIP telephony on the example of the banking system, and the implementation of a single information window are provided.

*Key words:* VoIP telephony, banking systems, knowledge base, SIP, RADIUS.

**Постановка проблеми:** Ризики використання інформаційно-комунікаційних систем у банківських системах безпосередньо пов'язані з недоліками які притаманні системам VoIP і є достатньо серйозною проблемою.

**Аналіз досліджень і публікацій:** Теоретичним і методологічним проблемам вивчення місця та ролі VoIP-телефонії у банківських системах присвячено багато праць [1–5]. Даній темі присвячено роботи науковців: Гольдштейн Б. С., Пінчук А. В., Суховицький А. Л. — “IP-телефонія: Радіо і зв'язок”, Глоба Л. С., Дяденко О. М., Чердинцева О. М. “Операторська платформа надання послуг”; Нопін С. В., Шахов В. Г. — “Аналіз захищеності абонентських систем IP-телефонії від несанкціонованого доступу”; Дудикевич В.Б., Хорошко В.О., Микитин Г.В., Банах Р.І., Ребець А.І. — “Інформаційна модель безпеки технологій зв'язку.

**Постановка завдання:** На прикладі VoIP дослідити використання інформаційно-комунікаційних технологій у банківських системах.

**Мета статті:** аналіз і дослідження проблематики використання VoIP-телефонії у банківських системах.

**Виклад основного матеріалу.** Вступ. Використання мережі Інтернет у банківських системах не має обмежень, однак, проблема полягає лише в тому, який рівень захисту можна забезпечити за допомогою тієї чи іншої технології. У цій статті буде розглянуто систему передачі голосових повідомлень за допомогою мережі Інтернет або скорочено VoIP-телефонії, так як вона пов-

ністю витіснила з ринку всі інші подібні системи. Починаючи з 1993 року було відпрацьовано механізм, який використовується і сьогодні, зміни відбулися лише у способі використання та технологіях за допомогою яких було реалізовано це завдання. Сьогодні всі інші системи передачі голосових повідомлень уже не використовуються самі по собі, а є лише частиною, можна вже по праву сказати, світової системи VoIP.

VoIP (англ. voice over IP— голос через IP) — технологія передачі медіа-даних у реальному часі за допомогою сімейства протоколів TCP/IP. IP-телефонія — система зв'язку, в якій аналоговий звуковий сигнал абонента дискретизується (кодується в цифрову форму), компресується та пересилається цифровими каналами зв'язку до іншого абонента, де проводиться зворотна операція — декомпресія, декодування й відтворення аналогового сигналу [2]. Реалізована дана технологія за допомогою протоколів встановлення сесії та протоколів кодування і шифрування. До протоколів встановлення сесії можна віднести протоколи SIP і RADIUS.

SIP (англ. Session Initiation Protocol — протокол встановлення сесії) — протокол прикладного рівня, розроблений IETF MMUSIC Working Group і пропонує стандарт на спосіб установки, зміни і завершення користувачького сеансу, що включає мультимедійні елементи, такі як відео або голос, миттєві повідомлення (instant messaging), он-лайн ігри та віртуальну реальність.

Протокол SIP почав розроблятися в 1996 році Хеннінгом Шульзрі (Henning Schulzrinne, Колумбійський університет) і Марком Хендлі (UCL). У листопаді 2000 року SIP був затверджений як сигнальний протокол проекту 3GPP і постійний елемент архітектури IMS [1].

RADIUS (англ. Remote Authentication Dial-In User Service) — протокол передачі даних, що використовується в комп'ютерних мережах для автентифікації, авторизації та обліку різноманітних сервісів (англ. authentication, authorization, accounting, AAA). RADIUS був розроблений Livingston Enterprises, Inc. в 1991 році, а потім був перенесений у стандарти IETF (англ. Internet Engineering Task Force).

RADIUS це клієнт-серверний протокол що працює на прикладному рівні, і може бути використовуватися як транспорт TCP так і UDP [3].

Дуже перспективним є використання в майбутньому протоколу Diameter. Він був створений з метою заміни та вдосконалення свого попередника, протоколу RADIUS.

За допомогою протоколу наступного покоління — *Diameter* можна виконувати нові команди та/або атрибутами, наприклад такими, що використовуються в протоколі EAP [4].

Найбільш частим є використання двох протоколів одночасно. Наприклад, встановлення сесії відбувається за допомогою SIP, а обрахунок вартості дзвінка за допомогою RADIUS. Таке поєднання дає можливість зменшити навантаження на сервер, так як буде використовуватися на половину менше пакетів для передачі даних. RADIUS має більше переваг у порівнянні з SIP, адже позбавлений недоліків, зокрема, таких як можливість здійснювати неоплачені дзвінки.

Абсолютним стандартом кодування голосу впродовж минулих років є система H.264. Енкодер H.264 виконує процеси прогнозування, перетворення і кодування для створення стисненого потоку біт у форматі H.264. Декодер H.264 виконує відповідний процес декодування, зворотнього перетворення і реконструкції для відтворення відеопослідовності [5].

Перш ніж перейти до опису технологій, які допоможуть зробити VoIP безпечнішим, а значить придатним до використання в банківських системах необхідно детальніше ознайомитися з принципом побудови таких систем.

**Принцип побудови VoIP.** Вся система VoIP побудована на основі протоколів транспортного рівня TCP і UDP. Це протоколи транспортного рівня, які здійснюють зв'язок між машиною — відправником пакетів і машиною -адресатом.

Прикладний рівень — це додатки типу клієнт-сервер, що базуються на протоколах нижніх рівнів. На відміну від протоколів транспортного, фізичного та каналного рівня, протоколи прикладного рівня займаються деталями конкретного додатка і «не цікавляться» способами передачі даних по мережі. Серед основних додатків TCP/IP, наявних практично в кожній його реалізації використовується протокол емуляції терміналу Telnet, протокол передачі файлів FTP, протокол електронної пошти SMTP, протокол управління мережею SNMP, що використовується в системі World Wide Web (WWW) протокол передачі гіпертексту HTTP та ін.

Оскільки в Інтернеті деталі фізичних з'єднань приховані від додатків, прикладний рівень зовсім «не дбає» про те, що клієнт працює в мережі Ethernet, а сервер підключений до мережі Token Ring. Між кінцевими системами може бути кілька десятків маршрутизаторів і безліч проміжних фізичних мереж різних типів, але додаток буде сприймати цей конгломерат як єдину фізичну



мережу. Це і обумовлює основну логіку і привабливість технології Інтернет і протоколу IP.

На базі протоколу IP будується не тільки мережа Інтернет, а й будь-які інші мережі передачі даних (локальні, корпоративні), які можуть мати або не мати вихід на глобальну мережу Інтернет. Універсальність і гнучкість мереж на базі протоколу IP дає можливість застосовувати їх не тільки для передачі даних, а й іншої мультимедійної інформації. Нещодавно IP-мережі стали використовувати для передачі мовних повідомлень. Без технології протоколу IP сьогодні складно уявити діяльність будь-якої банківської системи, а тим більше роботу VoIP [6].

Обов'язковим є наявність у системі так званого VoIP-шлюзу, який буде приймати та передавати інформацію у вигляді пакетів фізично поєднуючи абонентів. Прикладом може бути Freeswitch, який має відкритий програмний код і розповсюджується на умовах вільної ліцензії. Також важливою складовою є білінгова платформа, яка здійснює розрахунок вартості дзвінка та складає маршрут дзвінка. Саме в білінговій платформі є перспектива використовувати штучний інтелект і нейронні мережі, адже процес побудови маршруту з кожним роком стає все складнішим з'являється все більше операторів зв'язку та можливостей обрати вартість та якість голосового повідомлення.

Вищезазначену проблему можна вирішити за допомогою *бази знань*, яка буде оновлюватися в режимі реального часу. Для того щоб зрозуміти складність побудови білінгової платформи, потрібно описати принцип її роботи.

У кожного дзвінка є дві частини: їх називають оригінатор і термінатор. Оригінатор створює новий дзвінок, а термінатор його приймає. Дзвінки здійснюються між двома людьми, які користуються послугами операторів VoIP-телефонії, кожен дзвінок має свою вартість, тобто є ціна, яку сплачує користувач, який має бажання зателефонувати, вартість дзвінків йому встановлює його оператор. Для того, щоб дзвінок успішно відбувся, потрібно мати кінцевого користувача, який має можливість прийняти дзвінок, він може бути абонентом тієї самої мережі або бути абонентом іншої мережі тоді повна вартість збільшується, адже за послугу термінатора потрібно платити. Таким чином, чим дешевшою є вартість послуг термінатора, тим більший прибуток отримує оператор зв'язку. Саме на цьому етапі потрібно зосередити свою увагу під час створення бази знань та використання систем штучного інтелекту. Крім того, потрібно враховувати що людина не може здійснювати такий вибір в реальних сучасних умовах, а

використання програмної логіки не враховує тих обставин, які є важливими для прийняття рішення. Також цікавим буде процес навчання на основі моніторингу статистичної інформації, адже за місяць оператори зв'язку накопичують сотні гігабайт інформації про здійснені дзвінки в яких записано тривалість, вартість та інші параметри кожного опрацьованого дзвінка. Даний процес може здійснюватися в форматі CDR (CALL DETAIL RECORD) або напряму в базу, якщо використовується RADIUS протокол. RADIUS дає можливість попередньо визначити вартість та можливу тривалість дзвінка, що значно спрощує випадки виявлення шахрайства. Дана інформація є дуже важливою для аналізу, але людина в силу своїх можливостей просто фізично не здатна здійснити обробку такого значного обсягу інформації, тому наявність елементів системи штучного інтелекту, для створення якого потрібно мати базу знань і здійснення процесу навчання моделі, буде дуже доречним. Після процесу опрацювання такої інформації з'являється можливість дати відповідь на питання, як користувачі використовують VoIP-телефонію, які тарифні плани можна їм запропонувати в майбутньому тощо [7].

***Tunni zagroz dla VoIP.*** Питання безпеки зв'язку завжди було одним з важливих у мережах телекомунікацій. В даний час у зв'язку з бурхливим розвитком глобальних комп'ютерних мереж і, в тому числі мереж Інтернет-телефонії, забезпечення безпеки передачі інформації стає ще більш актуальним. Розробка заходів у галузі безпеки повинна проводитися на основі аналізу ризиків, визначення критично важливих ресурсів системи і можливих загроз. Існує кілька основних типів загроз, які становлять найбільшу небезпеку в мережах VoIP-телефонії:

- *підміна даних про користувача* означає, що один користувач мережі видає себе за іншого. При цьому виникає вірогідність несанкціонованого доступу до важливих функцій системи. Використання механізмів аутентифікації та авторизації в мережі підвищує впевненість у тому, що користувач, з яким встановлюється зв'язок, не є підставною особою, і що йому можна надати санкціонований доступ;

- *підслуховування.* Під час передачі даних про користувачів (користувальницьких ідентифікаторів і паролів) або приватних конфіденційних даних по незахищених каналах ці дані можна підслухати і згодом зловживати ними. Методи шифрування даних знижують вірогідність цієї загрози;

- *маніпулювання даними.* Дані, які передаються по каналах зв'язку, в принципі можна змінити. У багатьох методах шифру-

вання використовується технологія захисту цілісності даних, що запобігає їх несанкціонованій зміні;

- *відмова від обслуговування* (Denial of Service — DoS) є різновидом хакерської атаки, в результаті якої важливі системи стають недоступними. Це досягається шляхом переповнення системи непотрібним трафіком, на обробку якого йдуть всі ресурси системної пам'яті і процесора. Система зв'язку повинна мати відповідні ресурси для розпізнавання подібних атак і обмеження їх впливу на мережу;

- найрозвиненішою формою шахрайства в Інтернеті, без сумніву, є *фішинг*. Типовими інструментами фішингу є mail (поштові повідомлення, що використовують методи соціальної інженерії), спеціально розроблені web-сайти.

Базовими елементами у сфері безпеки є *аутентифікація, цілісність і активна перевірка*. Аутентифікація покликана запобігти загрози знеособлення і несанкціонованого доступу до ресурсів та даних. Хоча авторизація не завжди включає до свого складу аутентифікацію, але найчастіше одне обов'язково має на увазі інше. Цілісність забезпечує захист від підслуховування і маніпулювання даними, підтримуючи конфіденційність і незмінність переданої інформації. Активна перевірка означає перевірку правильності реалізації елементів технології безпеки і допомагає виявляти несанкціоноване проникнення в мережу і атаки типу DoS [8].

***Способи подолання загроз для VoIP-телефонії.*** Основою будь-якого захищеного зв'язку є криптографія. *Криптографією* називається технологія складання і розшифрування закодованих повідомлень. Крім того, криптографія є важливою складовою для механізмів аутентифікації, цілісності і конфіденційності. Аутентифікація є засобом підтвердження особи відправника або одержувача інформації. Цілісність означає, що дані не були змінені, а конфіденційність створює ситуацію, за якої дані не може зрозуміти ніхто, крім їх відправника і одержувача. Зазвичай криптографічні механізми існують у вигляді алгоритму (математичної функції) і секретної величини (ключа), алгоритми відомі, а в секреті необхідно тримати тільки криптографічні ключі. Причому чим більше бітів у такому ключі, тим менше він вразливий.

***Структура шифрованого VoIP виклику.*** Дзвінок складається з сигнальної і media частин, кожна з яких може бути зашифрована окремо з застосуванням спеціальних методів-протоколів. Для шифрування сигнальної інформації застосовується SSL/TLS, для шифрування «голоси» ZRTP і SRTP протоколи.

SSL/TLS — грубо кажучи, аналог HTTPS для звичайного SIP. Протокол дозволяє клієнту переконатися, що він спілкується з потрібним сервером за умови, що клієнт довіряє наданим сервером сертифікатам.

SRTP і ZRTP — це два різних способи шифрувати потоку. Принципова відмінність між ними в тому, що обмін ключами для SRTP відбувається на етапі сигналізації (на першій сигнальній стадії встановлення виклику). А для ZRTP — безпосередньо на початку обміну пакетами (у другій, «медійній» частині) за спеціальним протоколом, який базується на методі криптографії Діффі — Хеллмана.

Важливо те, що для SRTP обов'язковою умовою надійності шифрування дзвінка є одночасне використання SSL/TLS + SRTP, інакше зловмиснику не складе труднощів отримати ключі (які будуть передані по шифрованому SIP) і прослухати розмову. Для ZRTP це не важливо, потік буде надійно зашифрований не залежно від того, шифрується сигналізація чи ні. Протокол також вміє визначати наявність «man in the middle» (у тому числі серверів послуг) між клієнтами, які спілкуються. Це дозволяє бути впевненим у тому, що розмову неможливо прослухати, принаймні з точки зору прослуховування мережі/середовища передачі даних.

Також важливим моментом є використання аутентифікації. Під аутентифікацією розуміється визначення користувача або кінцевого пристрою (клієнта, сервера, комутатора, маршрутизатора, брандмауера і т. д.) і його місця розташування в мережі з подальшою авторизацією користувачів і кінцевих пристроїв. Найпростішим способом аутентифікації є використання паролів, але для підтримки високого рівня безпеки паролі доводиться часто змінювати. Методи використання одноразових паролів застосовуються досить часто. Серед них можна відзначити методи аутентифікації за протоколом S/Key або за допомогою спеціальних апаратних засобів (token password authentication). Механізм аутентифікації за протоколом Point-to-Point Protocol (PPP) часто застосовується в середовищі модемного доступу і включає використання протоколів Password Authentication Protocol (PAP), Challenge Handshake Protocol (CHAP) і Extensible Authentication Protocol (EAP). Розробка протоколу EAP усе ще триває, але вже зараз вона дає можливість більш гнучкого використання існуючих протоколів і тільки з'являються технології аутентифікації в каналах PPP. TACACS + і Remote Access Dial-In User Service (RADIUS) — це протоколи, які підтримують масштабовані рі-

шення в області аутентифікації. Протокол Kerberos (Цербер) використовується в обмежених областях для підтримки єдиної точки входу в мережу. Система одноразових паролів S/Key, визначена в RFC 1760, представляє собою систему генерування одноразових паролів на основі стандартів MD4 і MD5. Вона призначена для боротьби з «повторними атаками», коли хакер підслуховує канал, виділяє з трафіку ідентифікатор користувача і його пароль та надалі використовує їх для несанкціонованого доступу. Система S/Key заснована на технології клієнт-сервер, де клієнтом зазвичай є персональний комп'ютер, а сервером — сервер аутентифікації. Спочатку і клієнта, і сервер потрібно налаштувати на єдину паролівну фразу і рахунок ітерації. Клієнт починає обмін S/Key, відправляючи серверу пакет ініціалізації, а сервер у відповідь відправляє порядковий номер і випадкове число, так зване «зерно» (seed). Після цього клієнт генерує одноразовий пароль. Для цього клієнт передає одноразовий пароль на сервер, де він і перевіряється. Для перевірки аутентифікації система одноразово пропускає отриманий одноразовий пароль через захищену хеш-функцію. Якщо результат цієї операції збігається з попереднім паролем, що зберігається у файлі, результат аутентифікації вважається позитивним, а новий пароль зберігається для подальшого використання. Аутентифікація за допомогою апаратних засобів працює за однією з двох альтернативних схем: — за схемою запит-відповідь; — за схемою аутентифікації з синхронізацією за часом. У схемі запит-відповідь користувач підключається до сервера аутентифікації, який, у свою чергу, пропонує ввести персональний ідентифікаційний номер (PIN) або користувальницький ідентифікатор (user ID). Користувач передає PIN або user ID на сервер, який потім робить «запит» (передає випадкове число, яке з'являється на екрані користувача). Користувач вводить це число в спеціальний апаратний пристрій, схожий на кредитну картку, де число запити шифрується за допомогою користувачького шифрувального ключа. Результат шифрування відображається на екрані. Користувач відправляє цей результат на сервер аутентифікації. У той час як користувач підраховує цей результат, сервер аутентифікації розраховує цей же результат самостійно, використовуючи для цього базу даних, де зберігаються всі користувачькі ключі. Отримавши відповідь від користувача, сервер порівнює його з результатом власних обчислень. Якщо обидва результати збігаються, користувач отримує доступ до мережі. Якщо результати виявляються різними, доступ до мережі не надається. При використанні схеми з синхронізацією за часом на

апаратному пристрої користувача і на сервері працює секретний алгоритм, який через певні синхронізовані проміжки часу генерує ідентичні паролі і замінює старі паролі на нові. Користувач підключається до сервера аутентифікації, який запитує у користувача код доступу. Після цього користувач вводить свій PIN в апаратний картковий пристрій, і в результаті на екран виводиться деяка величина, яка являє собою одноразовий пароль. Цей пароль і відправляється на сервер. Сервер порівнює його з паролем, який був обчислений на самому сервері. Якщо паролі збігаються, користувач отримує доступ до мережі [8].

У випадку, якщо дзвінок надходить за іншою технологією, наприклад PSTN чи GSM, то сигнал проходить через IP-шлюз, який перетворює цифровий (VoIP) сигнал в аналоговий. Для передавання голосу через IP-мережу відбувається процедура стискання сигналу спеціальною програмою-кодеком. Це здійснюється для збільшення швидкості передавання даних відповідно для підвищення якості зв'язку. Рівень безпеки передавання мовної інформації підвищує процедура шифрування даних. Зв'язок між двома VoIP-терміналами можливий лише за умови сумісних кодеків [9].

**1. Використання технології VoIP у банківських системах.** Розглянемо приклад впровадження VoIP телефонії у банківській системі. Контакт-центр банку може бути початково організований на Asterisk і додаткових системах для вихідних обдзвонів, віндикації та розсилки SMS. Використання кількох програм буде апріорі незручним і забиратиме багато часу. Заявки з сайту будуть приходити на електронну пошту, переноситися вручну в базу та обдзвонюватися. Великий відсоток заявок буде втрачатися через людський фактор. Підготовка бази для вихідного обдзвону на основі вивантажених з банківської системи даних буде займати кілька годин роботи аналітиків і повинна бути виконана завчасно. До того ж, база швидко буде ставати не актуальною через відсутність синхронізації з банківською системою. Система вихідного обдзвону дозволяє імпортувати заявки лише в один статичний список.

**2. VoIP + Cisco Packet Tracer.** Використання окремої системи для віндикації також ускладнює роботу операторів (рис.1), яким доводилось вивчати кілька різних програм для контакт-центру і постійно переходити між ними та поштовою програмою в процесі роботи.

Для організації кожного процесу контакт-центру постійно будуть залучатися аналітики, IT-спеціалісти та програмісти. Різні програмні рішення для кожного процесу не забезпечують стабі-

льності роботи контакт-центру та не будуть інтегровані між собою і з банківською системою.

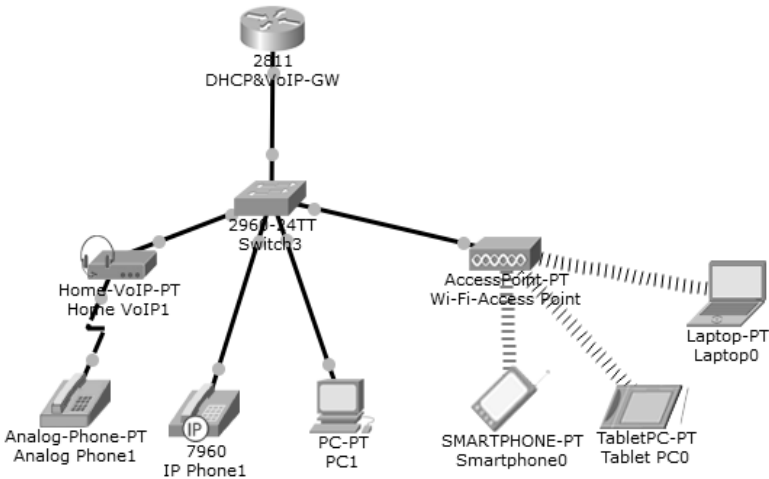


Рис. 1. VoIP + Cisco Packet Tracer

З використанням криптографічного захисту VoIP-телефонії потреба у спрощенні процесів обдзвону завдяки використанню багатофункціональної системи з інтегрованим модулем VoIP єдиного програмного забезпечення, дозволяють отримати детальну статистику за всіма типами звернень і збільшують ефективність роботи системи.

Основні завдання дослідження: 1) впровадження динамічної системи маршрутизації, та зміна логіки обробки звернень клієнтів; 2) створення централізованої системи розсилки SMS, автодозвону та інформування; 3) впровадження фільтрів на основі інтеграції з банківською системою, тож відпадає потреба у експорті списків і використання пошти.

Прикладом реалізації подібного завдання є АТ «Ощадбанк». Основа всієї системи IP-телефонії банку — це кластер керування, який допускає подальше нарощування; він працює з програмним забезпеченням Cisco CallManager. Застосування техніки кластеризації за теперішніх масштабів мережі IP-телефонії АТ «Ощадбанк» спрямоване на підвищення надійності методом резервування.

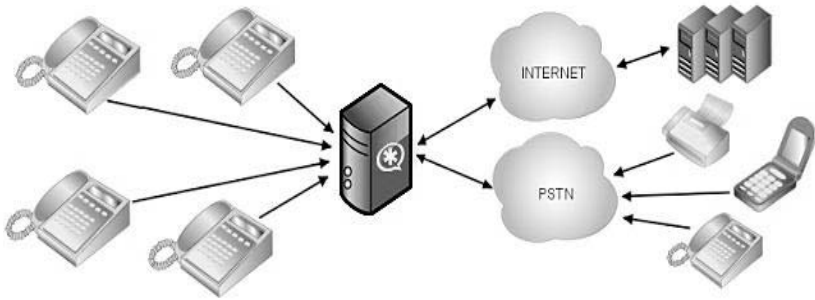


Рис.2. VoIP + IP/VC 3540

Однією з функціональних можливостей мережі IP-телефонії банку є проведення конференцій, які можна реалізувати як з використанням CallManager так і/або за допомогою сервера конференцій (СК) IP/VC 3540. Програмне забезпечення CallManager містить програмні модулі, котрі відповідають за суто програмну реалізацію операцій змішування медіапотоків з використанням кодека G.711, необхідних для організації конференційного режиму зв'язку. Сервер конференцій IP/VC 3540 — це модульний пристрій, котрий забезпечує змішування медіапотоків за допомогою апаратних засобів СК. Крім того, IP/VC 3540 розширює функціональні можливості проведення конференцій порівняно з CallManager.

### **Висновки.**

1) Проведено аналіз і досліджено можливості використання технологій VoIP-телефонії у банківських системах.

2) Використання технологій VoIP-телефонії у банківських системах вирішують такі завдання:

- проведення аудіоконференцій як з працівниками центрального апарату, так і з працівниками обласних управлінь банку, при цьому кількість учасників конференції суттєво збільшується;

- контроль стану (кількість учасників, їхні номери телефонів, час входу та виходу з конференції) можливості керувати проведенням аудіоконференції в режимі реального часу;

- захист доступу до аудіоконференції за допомогою застосування паролів і спеціалізованих систем захисту;

- утримування абонентів (мультиканальні можливості передачі даних), запобігання випадкам переадресування та перехоплення викликів;



- здійснення ефективного використання єдиного інформаційного вікна для підвищення ефективності роботи менеджера;
- передавання інформації про структуру та розмір депозитного портфеля за допомогою надійних засобів зв'язку VoIP-телефонії.

### **Література**

1. Протокол встановлення сесії. Електронний ресурс. [Режим доступу:] [https://uk.wikipedia.org/wiki/Session\\_Initiation\\_Protocol](https://uk.wikipedia.org/wiki/Session_Initiation_Protocol)
2. Голос через IP. Електронний ресурс. [Режим доступу:] <https://uk.wikipedia.org/wiki/VoIP>
3. Протокол передачі даних RADIUS. Електронний ресурс. [Режим доступу:]
4. Протокол передачі даних Diameter. Електронний ресурс. [Режим доступу:] <https://uk.wikipedia.org/wiki/Diameter>
5. Енкодер H.264. Електронний ресурс. [Режим доступу:] <https://uk.wikipedia.org/wiki/H.264>
6. *Гольдштейн Б. С., Пінчук А. В., Суховицький А. Л.* IP-телефонія: Радіо і зв'язок, 2008. Ст. 395-399.
7. Операторська платформа надання послуг: Електронне навчальне видання. Конспект лекцій / Л. С. Глоба, О.М. Дяденко, В.Ф. Чердинцева. — К.: НН ІТС НТУУ «КПІ», 2013. — 191 с.
8. *Нопін С. В., Шахов В. Г.* Аналіз захищеності абонентських систем IP-телефонії від несанкціонованого доступу // Інформаційні технології. 2008. №11. Ст. 67–74.
9. *Дудикевич В.Б., Хорошко В.О., Микитин Г.В., Банах Р.І., Ребець А.І.* Інформаційна модель безпеки технологій зв'язку // Інформатика та математичні методи в моделюванні. 2014. Том 4, № 2 С. 137–148.

### **References**

1. Protokol vstanovlennia sesii. Elektronnyi resurs. [Rezhym dostupu:] [https://uk.wikipedia.org/wiki/Session\\_Initiation\\_Protocol](https://uk.wikipedia.org/wiki/Session_Initiation_Protocol)
2. Holos cherez IP. Elektronnyi resurs. [Rezhym dostupu:] <https://uk.wikipedia.org/wiki/VoIP>
3. Protokol peredachi danykh RADIUS. Elektronnyi resurs. [Rezhym dostupu:]
4. Protokol peredachi danykh Diameter. Elektronnyi resurs. [Rezhym dostupu:] <https://uk.wikipedia.org/wiki/Diameter>
5. Enkoder H.264. Elektronnyi resurs. [Rezhym dostupu:] <https://uk.wikipedia.org/wiki/H.264>
6. *Holdshstein B. S., Pinchuk A. V., Sukhovytskyi A. L.* IP-telefoniia: Radio i zviazok, 2008. St. 395–399.

7. Operatorska platforma nadання posluh: Elektronne navchalne vydannia. Konspekt lektsii / L. S. Hloba, O.M. Diadenko, V.F. Cherdyntseva. — K.: NN ITS NTUU «KPI», 2013. — 191 s.

8. Nopin S. V., Shakhov V. H. Analiz zakhyshchenosti abonentskykh system IP-telefonii vid nesanktsionovanoho dostupu // Informatsiini tekhnologii. 2008. №11. St. 67–74.

9. Dudykevych V.B., Khoroshko V.O., Mykytyn H.V., Banakh R.I., Rebets A.I. Informatsiina model bezpeky tekhnologii zviazku // Informatyka ta matematychnimetody v modeliuvanni. 2014. Tom 4, № 2 St. 137–148.

Статтю подано до редакції 22.10.2018 р.

УДК336.02:330.43

**О. Л. Шапошник**, аспірантка кафедри вищої математики,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет ім. Вадима Гетьмана»

**Shaposhnyk Helen**, PhD Student of the Advanced  
Mathematics Department  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»

## **МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІН ГРОШОВО-КРЕДИТНОЇ ПОЛІТИКИ НА РІВЕНЬ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ**

### **MODELING THE INFLUENCE OF CHANGES IN THE MONEY-CREDIT POLICY ON THE STATE OF FINANCIAL SAFETY LEVEL**

*Анотація. У роботі визначено складові фінансової безпеки: банківська безпека, безпека небанківського фінансового сектора, боргова безпека, валютна безпека, бюджетна безпека та грошово-кредитна безпека. Обґрунтовано, що для побудови регресійних моделей, що описують дієвість інструментів грошово-кредитної політики в контексті забезпечення фінансової безпеки екзогенною змінною виступатиме показник інфляції як індекс споживчих цін.*

*Побудовано модель індексу споживчих цінна основі щомісячних даних. За допомогою надбудови Аналіз даних у MSExcel побудовано кореляційну матрицю та проаналізовано парні коефіцієнти кореляції між всіма парами змінних моделі.*

*Доведено, що значення парних коефіцієнтів кореляції між незалежними змінними є невисокими, що є свідченням відсутності мультиколінеарності. Відсутність мультиколінеарності перевіряється за допомогою критерію Хі-квадрат.*

Показано, що між залежною та всіма незалежними змінними існує досить щільний лінійний зв'язок, тобто побудована регресійна модель є статистично значимою та якісною.

Всі коефіцієнти моделі є статистично значимими та мають вплив на величину ендогенної змінної.

Тестування залишків регресійної моделі на наявність автокореляції за допомогою критерію Дарбіна-Уотсона показало відсутність автокореляції першого порядку та розраховане значення циклічного коефіцієнту автокореляції підтверджує відсутність автокореляції.

Отже, побудована модель може використовуватись для аналізу дієвості заходів грошово-кредитної політики.

Побудована модель індексу споживчих цін на основі квартальних даних, додавши до незалежних змінних значення індексів фізичного обсягу реального ВВП (у % до попереднього кварталу).

Доведено, що на зростання індексу споживчих цін суттєвий вплив мають високі їх значення попередніх періодів, зростання індексу цін виробників промислової продукції, зменшення розміру ВВП, помірний вплив чинять зростання грошей в обігу та здорожчання долару по відношенню до гривні.

Ключові слова: фінансова безпека, грошово-кредитна політика, індекс споживчих цін, регресійна модель.

*Annotation. The paper determines the components of financial security: banking safety, security of the non-banking financial sector, debt security, currency security, fiscal security and monetary security.*

*It is substantiated that for the construction of regression models that describe the effectiveness of monetary policy instruments in the context of securing financial security, the exogenous variable will serve as an indicator of inflation as an index of consumer prices.*

*The consumer price index model is based on monthly data.*

*Using the Add-In Data Analysis in MS Excel, a correlation matrix is constructed and the pair correlation coefficients are analyzed between all pairs of variables in the model.*

*It is proved that the values of the pair coefficients of correlation between independent variables are low, which testifies to the absence of multicollinearity.*

*The absence of multicollinearity is checked using the Hi-square criterion.*

*It is shown that between dependent and all independent variables there is a sufficiently strong linear relationship, that is, the constructed regression model is statistically significant and qualitative.*

*All coefficients of the model are statistically significant and have an effect on the size of the endogenous variable.*

*Testing the residue of the regression model for the presence of autocorrelation by the Darwin-Watson criterion showed a lack of first-order autocorrelation and the calculated value of the cyclic coefficient of autocorrelation confirms the absence of autocorrelation.*

*Consequently, the constructed model can be used to analyze the effectiveness of monetary policy measures.*

*A model of consumer price index based on quarterly data was constructed, adding to the independent variables the value of indices of the physical volume of real GDP (in % to the previous quarter).*

*It is proved that the growth of the consumer price index is strongly influenced by their high importance in previous periods, the growth of the index of industrial producers' prices, the reduction of GDP, the moderate influence of the growth of money in circulation and the appreciation of the dollar against the hryvnia.*

*Key words: financial security, monetary policy, consumer price index, regression model.*

**Постановка проблеми.** Невід'ємною функцією держави є забезпечення національної безпеки та формування механізмів її реалізації. Визначальною складовою національної безпеки є економічна безпека держави, змістом якої є реалізація національних економічних інтересів. У свою чергу, важливим складником економічної безпеки держави є фінансова безпека, яка формує умови розвитку економіки та безпосередньо впливає на макроекономічні процеси в країні, зокрема, на економічну динаміку, рівень і темпи інфляції, стан фінансового ринку, динаміку та структуру зайнятості. В Україні в умовах трансформації соціально-економічної сфери, формування та розвитку фінансової, банківської і валютної систем особливої актуальності набувають питання розробки наукових засад формування та реалізації ефективної фінансової безпеки держави. Удосконалення механізму фінансової безпеки безпосередньо пов'язано з питаннями макроекономічної стабілізації, економічного зростання та зміцнення конкурентоспроможності національної економіки в контексті забезпечення економічної безпеки держави.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблематика економічної і фінансової безпеки знайшла своє відображення в роботах багатьох дослідників. Вагомий внесок у становлення та розвиток науки у цій сфері зробили українські вчені В. Горбулін, О. Власюк, Я. Жаліло, В. Геєць, Т. Єфименко та ін. Значний внесок у розвиток наукової думки щодо проблем формування ефективної грошово-кредитної політики зробили вітчизняні вчені В. Стельмах, Н. Костіна, А. Сомик, А. Пономаренко, А. Гриценко, Т. Кричевська. Серед зарубіжних дослідників цієї тематики відомі роботи Р. Раша, М. Уільямса, А. Ресенде, Г.К ана, Ж.-К. Тріше та ін. Безпосередньо теоретичними та практичними дослідженнями фінансової безпеки у контексті забезпечення економічної безпеки держави займалися вітчизняні вчені М. Єрмошенко, А. Хорошева, О. Барановський та ін.

**Невирішена раніше частина загальної проблеми.** Разом з тим недостатньо висвітленою в наукових працях залишається проблема кількісного оцінювання дієвості заходів грошово-кредитної політики для забезпечення фінансової безпеки держави. Зокрема, актуальним завданням є побудова регресійних моделей, які адаптовані під наявну статистичну базу та можуть використовуватись для аналізу та прогнозування наслідків змін грошово-кредитної політики на грошово-кредитну та фінансову безпеку України.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є побудова регресійної моделі, що описує вплив інструментів грошово-кредитної політики на такий ключовий показник грошово-кредитної безпеки, як індекс споживчих цін (ІСЦ). Для досягнення поставленої мети було сформовано та вирішено такі завдання: визначено основні фактори, що впливають на ІСЦ; побудовано регресійну модель ІСЦ; оцінено якість і статистичну значимість побудованої моделі, зроблено висновки щодо кількісного впливу вибраних факторів на ІСЦ.

**Виклад основного матеріалу.** У методичних рекомендаціях щодо розрахунку рівня економічної безпеки України, що затверджені Міністерством економічного розвитку і торгівлі, фінансова безпека України визначається як «...такий стан бюджетної, грошово-кредитної, банківської, валютної системи та фінансових ринків, який характеризується збалансованістю, стійкістю до внутрішніх і зовнішніх негативних загроз, здатністю забезпечити ефективне функціонування національної економічної системи та економічне зростання» [6]. Складовими фінансової безпеки є: банківська безпека, безпека небанківського фінансового сектора, боргова безпека, валютна безпека, бюджетна безпека та грошово-кредитна безпека. Зосередимо свою увагу на грошово-кредитній безпеці, яка відповідно до [6] тлумачиться як «...такий стан грошово-кредитної системи, який характеризується стабільністю грошової одиниці, доступністю кредитних ресурсів та таким рівнем інфляції, що забезпечує економічне зростання та підвищення реальних доходів населення». Головними цілями грошово-кредитної політики НБУ, що забезпечують грошово-кредитну безпеку є: стабільність грошової одиниці; доступність кредитних ресурсів та низький рівень інфляції [11]. Як зазначається в роботах [5, 11], забезпечення низького рівня інфляції є кінцевою метою грошово-кредитної політики та гарантією досягнення фінансової стабільності та фінансової безпеки в державі. Тому для побудови регресійних моделей, що описують дієвість інструментів грошово-кредитної політики в контексті забезпечення фінансової безпеки екзогенною змінною виступатиме такий показник інфляції, як індекс споживчих цін.

Проаналізуємо динаміку індексу споживчих цін в Україні у 2000–2017 роках (рис. 1).

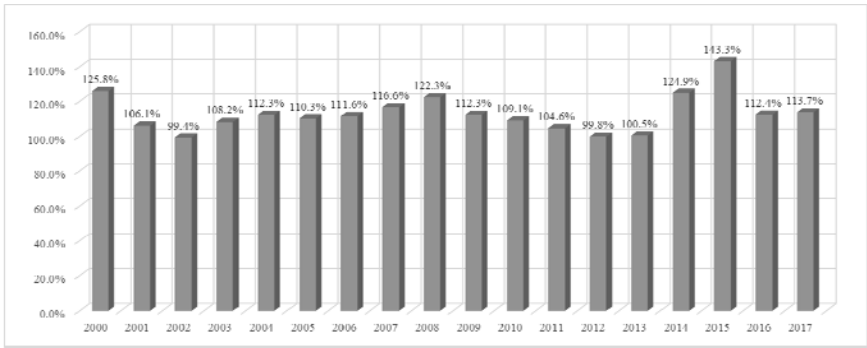


Рис. 1. Індекс споживчих цін в Україні у 2000–2017 роках (у % до попереднього року)

Традиційно вважається, що допустимий рівень інфляції не перевищує значення 5 %. Як бачимо з рис. 1, в Україні тільки 2002, 2011–2013 роки характеризувались допустимим рівнем інфляції, пік зростання цін спостерігався у 2000, 2008, 2014–2015 роках.

Проаналізувавши наукові роботи з проблем моделювання фінансової безпеки та грошово-кредитної політики [3–5,10,12], ми виокремили такі показники, що будемо використовувати для побудови регресійної моделі індексу споживчих цін: ендогенна змінна  $Y$  — індекс споживчих цін, %; екзогенні змінні:  $X_1$  — темпи зростання грошового агрегату  $M_2$  (як відомо із монетаристського рівняння Фішера, збільшення грошей в обігу призводить до зростання цін);  $X_2$  — темпи зростання середньозваженого курсу долару на міжбанківському валютному ринку України (значна доларизація української економіки та помітна частка імпортованих товарів у структурі споживчих товарів робить чутливим ІСЦ до курсу валют);  $X_3$  — індекс цін виробників промислової продукції (очікувано, що зростання цін промислової продукції призводитиме до зростання споживчих цін);  $X_4$  — інфляційні очікування економічних агентів (у якості цього показника обрано ІСЦ у попередній період часу, так як споживачі очікують, що ІСЦ відповідатиме минулим тенденціям);  $X_5$  — індекси фізичного обсягу реального ВВПу постійних цінах 2007 року (зростання реального ВВП стримуватиме зростання цін).

Для побудови моделей нами використовувались офіційні щомісячні та кварталні дані Державної служби статистики та Національного банку України за 2007–2017 роки [8, 9]. На основі даних по місяцях ми побудували модель ІСЦ без урахування

індексів фізичного обсягу реального ВВП, оскільки відсутня достовірна статистична інформація щодо величини ВВП у кожному місяці (модель 1). При побудові моделі ІСЦ на основі даних по кварталах ми вже враховували всі 5 ендогенних змінних (модель 2). Відповідно всі змінні в моделях вимірюються у % до попереднього місяця в моделі 1 та у % до попереднього кварталу — в моделі 2.

Побудуємо модель ІСЦ на основі щомісячних даних. Спочатку за допомогою надбудови Аналіз даних в MS Excel побудуємо кореляційну матрицю та проаналізуємо парні коефіцієнти кореляції між всіма парами змінних, що увійдуть у модель. Кореляційна матриця має такий вигляд:

	Y	X1	X2	X3	X4
Y	1				
X1	0.165	1			
X2	0.467	-0.214	1		
X3	0.443	-0.001	0.198	1	
X4	0.633	-0.093	0.207	0.187	1

В 1-му стовпчику містяться коефіцієнти парної кореляції залежної змінної з кожною незалежною змінною. Як бачимо, найтісніший зв'язок існує між Y (ІСЦ) та X4 (інфляційні очікування), найслабший зв'язок — між Y і X1 (розмір грошового агрегату M2). Значення парних коефіцієнтів кореляції між незалежними змінними є невисокими, що може бути свідченням відсутності мультиколінеарності. У подальшому наявність чи відсутність мультиколінеарності буде перевірено за допомогою критерію Хі-квадрат.

Результати застосування функції Лінійн у MS Excel є такими:

0.449	0.213	0.017	0.012	30.629
0.069	0.053	0.005	0.007	7.573
0.529	1.283	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
35.692	127	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
235.105	209.137	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д

Тоді регресійна модель ІСЦ на основі щомісячних даних запишеться так:

$$Y = 30,629 + 0,012X_1 + 0,017X_2 + 0,213X_3 + 0,449X_4 \quad (1)$$

Беручи до уваги, що всі показники в моделі вимірюються у %, то коефіцієнти біля екзогенних змінних характеризують відсотковий змiну  $Y$  при зростанні однієї із екзогенних змінних на 1 % за інших рівних умов [10]. Як і очікувалось, всі знаки коефіцієнтів є додатними, тобто між залежною та незалежними змінними існує прямий зв'язок. Отримано, що найсуттєвіший вплив на зростання ІСЦ мають інфляційні очікування, тобто значення ІСЦ у попередній період часу: зростання інфляційних очікувань на 1 % дає поштовх до зростання ІСЦ майже на 0,5 %. Зростання індексу цін виробників промислової продукції на 1 % спричиняє зростання ІСЦ на 0,213 %, здорожчання долару по відношенню до гривні на 1 % веде до зростання ІСЦ майже на 0,02 %. І збільшення грошового агрегату  $M2$  призводить до найменшого зростання ІСЦ — лише на 0,012 %.

Перевіримо загальну якість побудованої нами моделі ІСЦ. Коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,529$ , тобто зміна значень ІСЦ на 52,9 % пояснюється варіацією незалежних змінних і на 47,1 % пояснюється впливом випадкових та неврахованих в моделі чинників. Коефіцієнт кореляції  $R = 0,727$ , тобто між залежною та всіма незалежними змінними існує досить щільний лінійний зв'язок [1,2]. Розрахункове значення  $F$ -критерію Фішера = 35,692 перевищує його табличне значення ( $F_{\text{табл}}(0,05; 4; 127 = 2,44)$ ), тобто побудована регресійна модель є статистично значимою та якісною.

Значення  $t$ -критеріїв Стьюдента для перевірки значимості коефіцієнтів моделі є такими [1, 7]:

$$t_0 = \frac{30,629}{7,573} = 4,044; \quad t_1 = \frac{0,012}{0,007} = 1,828; \quad t_2 = \frac{0,017}{0,005} = 3,820; \quad t_3 = \frac{0,212}{0,053} = 3,972; \quad t_4 = \frac{0,449}{0,069} = 6,512.$$

Табличне значення  $t_{\text{табл}}(0,05; 127) = 1,657$ . Порівнявши розрахункові та табличні значення, доходимо висновку, що на рівні значимості 5 % всі коефіцієнти моделі є статистично значимими, тобто вибрані нами екзогенні змінні доречно включені в модель і дійсно мають вплив на величину ендогенної змінної.

Наявність мультиколінеарності (тісного лінійного зв'язку між незалежними змінними моделі) тестувалась за допомогою критерію  $X^2$ -квадрат. Отримано, що значення критерію  $X^2$ -квадрат становить  $\chi^2 = 19,731$ , його табличне значення



$\chi^2_{(0,1; 6)} = 19,82$ , отже, гіпотеза про наявність мультиколінеарності відхиляється [7].

Тестування залишків регресійної моделі на наявність автокореляції за допомогою критерію Дарбіна-Уотсона показало відсутність автокореляції першого порядку: розрахункове значення критерію Дарбіна-Уотсона  $DW = 1,877$ , табличні значення  $DWL_{(0,05; 4; 127)} = 1,64$ ,  $DWU_{(0,05; 4; 127)} = 1,81$ . Розраховане значення циклічного коефіцієнту автокореляції  $\rho_0 = 0,060$  підтверджує відсутність автокореляції.

Отже, побудована модель ІСЦ є статистично значимою та, незважаючи на недостатньо високе значення  $R^2$ , може використовуватись для аналізу дієвості заходів грошово-кредитної політики.

Перейдемо до побудови моделі ІСЦ на основі квартальних даних, додавши до незалежних змінних значення індексів фізичного обсягу реального ВВП (у % до попереднього кварталу).

Матриця парних коефіцієнтів кореляції має такий вигляд:

	Y	X1	X2	X3	X4	X5
Y	1					
X1	0.156	1				
X2	0.620	-0.212	1			
X3	0.515	0.041	0.265	1		
X4	0.875	-0.079	0.253	0.285	1	
X5	-0.596	-0.075	-0.308	-0.238	-0.290	1

Як бачимо, перехід до даних по кварталах призвів до зростання парних коефіцієнтів кореляції, тобто щільність зв'язку між парами змінних підвищилась. Водночас, значення парних коефіцієнтів кореляції між незалежними змінними залишаються невисокими, що говорить на користь відсутності мультиколінеарності.

У результаті застосування функції Лінійн нами отримана така регресійна статистика:

-0.106	0.529	0.135	0.013	0.009	41.934
0.061	0.065	0.054	0.004	0.004	10.741
0.874	0.524	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
51.607	37	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
70.962	10.175	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д

Регресійна модель ІСЦ на основі квартальних даних має наступний вигляд:

$$Y = 41,934 + 0,009X_1 + 0,013X_2 + 0,135X_3 + 0,529X_4 - 0,106X_5. \quad (2)$$

Аналогічно до моделі (1), найсуттєвіший вплив на зростання ІСЦ мають інфляційні очікування економічних агентів: зростання інфляційних очікувань на 1 % призводить до зростання ІСЦ на 0,529 %. Зростання реального ВВП на 1 % обумовлює зменшення ІСЦ приблизно на 1 %.

Відповідно до величини коефіцієнту детермінації ( $R^2 = 0,874$ ) рівняння регресії пояснює поведінку залежної змінної на 87,4 %, тобто включення до моделі індексу фізичного обсягу ВВП дозволило суттєво покращити якість моделі в порівнянні з (1). Коефіцієнт кореляції  $R = 0,935$ , тобто між залежною та всіма незалежними змінними існує дуже щільний лінійний зв'язок. Значення  $F$ -критерію Фішера = 51,607, його табличне значення  $F_{\text{табл}}(0,05; 5; 37 = 2,45)$ , тобто побудована регресійна модель є якісною та достовірною.

Розраховані значення  $t$ -критеріїв Стьюдента є такими:

$$t_0 = \frac{41,934}{10,741} = 3,904; \quad t_1 = \frac{0,009}{0,004} = 1,857; \quad t_2 = \frac{0,013}{0,004} = 3,368; \quad t_3 = \frac{0,135}{0,054} = 2,505;$$

$$t_4 = \frac{0,529}{0,065} = 8,131; \quad t_5 = \frac{|-0,106|}{0,061} = 1,752.$$

Ці значення перевищують табличне значення критерію Стьюдента  $t_{\text{табл}}(0,05; 37) = 1,687$ , тобто всі коефіцієнти в моделі є статистично значимими, а екзогенні змінні дійсно мають вплив на величину ендогенної змінної.

Гіпотеза про наявність мультиколінеарності відхиляється, так як розраховане значення критерію Хі-квадрат ( $\chi^2 = 15,001$ ) є більшим за його табличне значення ( $\chi^2_{(0,05; 10)} = 18,31$ ).

Гіпотеза про наявність автокореляції також відхиляється, адже розрахункове значення критерію Дарбіна-Уотсона  $DW = 1,724$  ( $DW = 2,276 > 2$ , тому  $DW = 4 - 2,276 = 1,724$ ), табличні значення  $DWL_{(0,05; 5; 37)} = 1,01$ ,  $DWU_{(0,05; 5; 37)} = 1,59$ . Розраховане значення циклічного коефіцієнту автокореляції  $r_0 = -0,151$  підтверджує відсутність автокореляції.

**Висновки.** Отже, обидві побудовані нами моделі ІСЦ виявились якісними та достовірними, проте врахування індексу фізичного обсягу ВВП у моделі 2 дозволило значно покращити якість моделі ІСЦ. Отримано, що на зростання ІСЦ суттєвий вплив ма-

ють високі значення ІСЦ попередніх періодів, зростання індексу цін виробників промислової продукції, зменшення розміру ВВП, помірний вплив чинять зростання грошей в обігу та здорожчання долара по відношенню до гривні.

## Література

1. *Блудова Т.В.* Теорія ймовірностей: Навчальний посібник. — Львів: ЛБІ НБУ, 2005. — 319 с.
2. *Bludova Tatiana, Savchuk Natalia.* Modeling the economic security of regional external trade flows. *Baltic Journal of Economic Studies*. Vol. 3, No. 5. — December (2017). — P. 1–24.
3. *Кравцов М.* Эконометрическое моделирование динамики цен и уровня инфляции в Беларуси / М. Кравцов, А. Картун // *Банкаўскі веснік*. — № 3. — 2015. — С. 1–24.
4. *Лук'яненко І. Г.* Економетричне моделювання процесів у грошово-кредитній сфері / І. Г. Лук'яненко, Ю. О. Городніченко // *Наукові записки НаУКМА*. — 1999. — Т. 15 : Економіка. — С. 23–37.
5. *Малюгин В.* Разработка и применение эконометрических моделей для прогнозирования и анализа вариантов денежно-кредитной политики / В.Малюгин, М. Демиденко, Д. Калечиц, А. Миксюк // *Прикладная эконометрика* — № 2(14). — 2017. — С. 24–36.
6. Методика розрахунку рівня економічної безпеки України (Затверджена Наказом Міністерства економіки України від 02.03.2007 р. № 60). [Електронний ресурс] // Міністерство економіки України: [сайт]. — Режим доступу: <http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/>.
7. *Наконечний С.І., Терещенко Т. О., Романюк Т. П.* Економетрія: Підручник. — Вид. 4-ге, допов. та перероб. — К.: КНЕУ, 2006. — 528 с.
8. Офіційний сайт Національного банку України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [www.bank.gov.ua](http://www.bank.gov.ua).
9. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
10. *Пантелеев В. П.* Прикладні висновки із загальних положень узгодженої дії бюджетної та грошово-кредитної політики [Текст] / Віталій Павлович Пантелеев // *Економічний аналіз: зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет; редкол.: О. В. Ярошук (голов. ред.) та ін.* — Тернопіль: Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2016. — Том 25. — № 1. — С. 150–157.
11. *Плешакова Н.* Показники безпеки грошово-кредитного сектора як складова фінансової безпеки України / Н. Плешакова // *Вісник Київського національного університету імені Т. Шевченка. Економіка* — № 8 (149). — 2013. — С. 76–79.
12. *Цвайг Х. І.* Економетрична модель впливу окремих економічних показників на індекс споживчих цін в Україні / Х. І. Цвайг, Н. В. Галай-

### References

1. Bludova T.V. Teoriia jmovirnostej: Navchal'nyj posibnyk. — L'viv, LBI NBU, 2005. — 319 s.
2. Bludova Tatiana, Savchuk Natalia. Modeling the economic security of regional external trade flows. *Baltic Journal of Economic Studies*. Vol. 3 , No. 5. — December (2017). — R.19–24.
3. Kravtsov M. Ekonometrycheskoe modelyrovanye dynamyky tsen y urovnia ynfiatsyy v Belarusy / M. Kravtsov, A. Kartun // *Bankavski vesnik*. — № 3. — 2015. — S. 16–24.
4. Luk'ianenko I. H. Ekonometrychne modeliuвання protsesiv u hroshovo-kredytnij sferi / I. H. Luk'ianenko, Yu. O. Horodnichenko // *Naukovi zapysky NaUKMA*. — 1999. — T. 15 : *Ekonomika*. — S. 23–37.
5. Maliuhyn V. Razrabotka y pryminenye ekonometrycheskykh modelej dlia prohnozyrovanyia y analiza varyantov denezhno-kredytnoj polytyky / V.Maliuhyn, .M. Demydenko, D. Kalechyts, A. Myksiuk // *Prykladnaia ekonometryka* — № 2(14). — 2017. — S. 24–36.
6. Metodyka rozrakhunku rivnia ekonomichnoi bezpeky Ukrainy (Zatverdzhena Nakazom Ministerstva ekonomiky Ukrainy vid 02.03.2007 r. № 60). [Elektronnyj resurs] // Ministerstvo ekonomiky Ukrainy: [sajt]. — Rezhym dostupu: <http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/>.
7. Nakonechnyj S.I., Tereschenko T. O., Romaniuk T. P. *Ekonometriia: Pidruchnyk*. — Vyd. 4-te, dopov. ta pererob. — K.:KNEU, 2006. — 528 s.
8. Ofitsijnyj sayt Natsional'noho banku Ukrainy [Elektronnyj resurs]. — Rezhym dostupu: [www.bank.gov.ua](http://www.bank.gov.ua).
9. Ofitsijnyj sayt Derzhavnoi sluzhby statystryky Ukrainy [Elektronnyj resurs]. — Rezhym dostupu: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
10. Pantelieiev V. P. Prykladni vysnovky iz zahal'nykh polozhen' uzghodzhenoj dii biudzhethoi ta hroshovo-kredytnoi polityky [Tekst] / Vitalij Pavlovych Pantelieiev // *Ekonomicznyj analiz: zb. nauk. prats' / Ternopil's'kyj natsional'nyj ekonomichnyj universytet; redkol.: O. V. Yaroshuk (holov. red.) ta in.* — Ternopil': Vydavnycho-polihrafichnyj tsentr Ternopil's'koho natsional'noho ekonomichnoho universytetu «*Ekonomichna dumka*», 2016. — Tom 25. — № 1. — S. 150–157.
11. Plieshakova N. Pokaznyky bezpeky hroshovo-kredytnoho sektora iak skladova finansovoi bezpeky Ukrainy / N. Plieshakova // *Visnyk Kyivs'koho natsional'noho universytetu imeni T. Shevchenka. Ekonomika* — № 8 (149). — 2013. — S. 76–79.
12. Tsvajh Kh. I. Ekonometrychna model' vplyvu okremykh ekonomichnykh pokaznykiv na indeks spozhyvchykh tsin v Ukraini / Kh. I. Tsvajh, N. V. Halajko // *Naukovyj visnyk L'vivs'koho derzhavnoho universytetu vnutrishnikh sprav*. — № 1. — 2017. — S. 286–296.

Статтю подано до редакції 18.10.2018 р.

**Щекань Н.П.,**

асистент кафедри вищої математики,  
ДВНЗ «Київський національний  
економічний університет  
ім. Вадима Гетьмана»

**Shchekan N.P.,**

assistant of Mathematics Department,  
SHEE «Kyiv National Economic University  
named after Vadym Hetman»

## **ГЕОМЕТРИЧНІ ТА АЛГЕБРАІЧНІ ФРАКТАЛЬНІ МЕТОДИ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ОБРОБКИ І АНАЛІЗУ ПОТОКІВ ДАНИХ**

## **GEOMETRICAL AND ALGEBRAIC FRACTAL METHODS IN INFORMATION TECHNOLOGIES OF DATA FLOW TREATMENT AND ANALYSIS**

*Анотація. У статті приведено приклади фрактальної геометрії, як справжньої революції у математичному описі природи, що дає можливість описати світ набагато зрозуміліше, ніж це робить традиційна математика або фізика. У статті проаналізовано генезис фракталів та розвитку фрактальної геометрії як прикладної науки. Показано, що фрактальні структури є формою і наслідком процесу самоорганізації в природі, а їх основними характерними ознаками є: самоподібність структур, сформованих на різних рівнях (у різних масштабах); пов'язаність та «укладеність» структур; наявність єдиного механізму формування структур на різних рівнях, що породжується єдиною системоутворювальною закономірністю; об'єктивний характер указанного механізму, що реалізовується через діяльність людей, але визначається об'єктивними умовами незалежно від їх волі. Розглянуто стохастичні фрактали, при утворенні яких утворюються випадково змінюються які-небудь його параметри і утворюються об'єкти дуже схожі на природні — асиметричні дерева, порізані берегові лінії тощо. Відповідно фрактальна сітка забезпечить вищий рівень захисту документів. Показано, що використання методу побудови фракталів для захисту документів є перспективним. Під час використання зображень фракталів з великою кількістю ітерацій, найменші частини є настільки дрібними, що відтворити їх за допомогою звичайного копіювання — неможливо.*

*Описано фрактальні методи в інформаційних технологіях обробки і аналізу великих потоків даних на основі логічних схем когнітивної аналітики розкодування прихованої в них інформації. Приведено приклади геометричних фракталів. Показано, що у комп'ютерній графіці фрактали прискорюють створення зображень, забезпечуючи стиснення зображення, причому побудова такого фрактального зображення відбувається за деяким алгоритмом або шляхом автоматичної генерації зображень, використовуючи обчислення за певними формулами. Побудова фрактального зображення відбувається за деяким алгоритмом або шляхом автоматичної генерації зображень, використовуючи обчислення за певними формулами. Зміна значень вхідних даних в алгоритмах або коефіцієнтів у формулах приводить до модифікації цих зображень.*

*Ключові слова: фрактал, фрактальна розмірність, стохастичні фрактали, алгебраїчні фрактали, геометричні фрактали.*

*Annotation. The article gives examples of fractal geometry as a real revolution in the mathematical description of nature, which makes it possible to describe the world much more clearly than traditional mathematics or physics does. The article analyzes the genesis of fractals and the development of fractal geometry as an applied science. It is shown that fractal structures are a form and a consequence of the process of self-organization in the right, and their main characteristic features are: self-similarity of structures formed at different levels (on different scales); connectivity and "enclosure" of structures; the existence of a single mechanism for the formation of structures at different levels, generated by a single system-forming law; the objective nature of this mechanism, which is realized through the activities of people, but determined by objective conditions, regardless of their will. Stochastic fractals are considered, in the formation of which some random parameters change and objects are created that are very similar to natural ones — asymmetric trees, trench lines, etc. Accordingly, the fractal grid will provide a higher level of protection of documents. It is shown that using the method of constructing fractals for document protection is promising. When using fractal images with a lot of iterations, the smallest parts are so small that they can not be reproduced using ordinary copying.*

*The fractal methods in information processing technologies and analysis of large data streams are described on the basis of logical schemes of cognitive analytics of decoding hidden information in them. Examples of geometric fractals are given. It is shown that in computer graphics, fractals accelerate the creation of images, providing compression of the image, and the construction of such a fractal image occurs by some algorithm or by automatic generation of images, using the calculation of certain formulas. The construction of a fractal image occurs by some algorithm or by automatic generation of images, using calculations according to certain formulas. Changing the values of input data in algorithms or coefficients in formulas results in the modification of these images.*

*Keywords: fractal, fractal dimension, stochastic fractals, algebraic fractals, geometric fractals.*

**Актуальність проблеми.** Фрактальна геометрія — це справжня революція в математичному описі природи. З її допомогою можна описати світ набагато зрозуміліше, ніж це робить традиційна математика або фізика. Візьмемо, наприклад, броунівський рух. Здавалося б, у випадковому переміщенні частинок пилу, зважених у воді, панує цілковитий хаос. Проте і тут присутня фрактальна геометрія. Безладний броунівський рух має частотну характеристику, яку можна використовувати для прогнозування явищ з великим числом статистичних даних. Фрактали широко застосовуються в біології. Вчені, вивчаючи судинну систему, з'ясували, що її частини можна представити у вигляді фракталів. Пізніше вони виявили, що здорові кровоносні зв'язки та ракові пухлини мають різну фрактальну структуру. Це може допомогти виявити ракові пухлини на ранніх стадіях. Фрактали широко використовують в дизайні одягу. Фрактальна геометрія знаходить своє застосування в образотворчому мистецтві (фрактальний ім-

пресіонізм). Гучні свого часу картини Джексона Поллака є яскравим тому прикладом. Одним з художників, які використовували фрактали у своїй творчості, був і Кацусіко Хокусай. Наприклад, на його картині «Велика хвиля в Канагаві» гребні великих хвиль складаються з множини менших хвиль. Досить часто можна побачити фрактали в архітектурі. Індустрія кіно за допомогою фракталів здійснила справжній прорив. Структури, схожі на фрактали, можна виявити в оточуючій нас природі: межі хмар, межі морських узбереж, зимові візерунки на склі, кровоносна система серцевого м'яза, кореневі системи дерев, листя папороті, капуста броколі, деякі види квітів тощо.

Фрактальні методи в інформаційних технологіях обробки і аналізу великих потоків астрономічних даних на основі логічних схем когнітивної аналітики розкодування прихованої в них інформації, — є перспективною і унікальною парадигмою в області розробки інформаційних технологій нового покоління для широкого класу завдань не тільки сучасної астрономії. Потoki даних астрономічних спостережень можна обробляти, використовуючи різні процеси і методи теорії фракталів і генетичних даних як для отримання сукупностей і популяцій вибіркового даних, так і для їх аналізу. Ці методи і процеси відображають і визначають особливості одержуваних оцінок фрактальних заходів і розмірностей, а також область застосування висновків, які можна зробити на основі цих даних. У цьому випадку використовуються два типи вибіркості — генетична і статистична. Статистична вибіркості пов'язана з визначенням просторових масштабів решітки, а генетична — з розподілом інформації і об'єктів на вузлах цієї решітки. Варто зазначити фрактальний аналіз електронної кримінальної процесуальної інформації, що є ключовим елементом електронного процесуального контролю — принципово нової для юридичної науки технології автоматичного виявлення порушень кримінального процесуального законодавства. Фрактальні структури є формою і наслідком процесу самоорганізації в праві, а їх основними характерними ознаками слід уважати:

- самоподібність структур, сформованих на різних рівнях (у різних масштабах); пов'язаність та «укладеність» структур;

- наявність єдиного механізму формування структур на різних рівнях, що породжується єдиною системоутворювальною закономірністю;

- об'єктивний характер указанного механізму, що реалізовується через діяльність людей, але визначається об'єктивними умовами незалежно від їх волі.

Фрактальний характер властивий не тільки об'єктам, а й процесам. Наприклад, броунівський рух, еволюція живих організмів, реплікація ДНК тощо. Самоорганізаційні процеси утворення самоподібних соціальних структур притаманні мистецтву, релігії, розподілу праці, конвеєрному виробництву, мережевому маркетингу, курсу валют, державному управлінню, корупції тощо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Поняття фрактал було запропоноване Бенуа Мандельбротом, який уперше відмітив фрактальну природу нашого світу і стверджував, що «...природа демонструє нам не просто більш високий ступінь, а зовсім інший ступінь складності. Число різноманітних масштабів довжин у структурах завжди нескінченне. Існування цих структур кидає нам виклик у вигляді важкої задачі вивчення тих форм, що Евклід відкинув як безформенні». Саме ці слова надихнули на дослідження способів відображення різноманітних природних явищ і просто об'єктів через незвичні для нас форми, які породжує фрактальна геометрія. Мандельброт опублікував наукові праці, присвячені вивченню «фрактальній геометрії» або «геометрії природи», в яких розбивав, на перший погляд, випадкові, математичні форми на складові елементи, що виявилися при ближчому розгляді повторюваними. Відкриття Мандельброта дало вагомий позитивний наслідок у розвитку фізики, астрономії, біології. У роботах Мандельброта використані наукові результати інших учених, які працювали в період 1875–1925 роки в цій області (Пуанкаре, Фату, Жюліа, Кантор, Кох, Леві, Хаусдорф та інші) [1]. Проте за браком сучасної комп'ютерної графіки у них забракло засобів відобразити красу багатьох із відкритих ними об'єктів. Кольорові малюнки допоміг виконати вченому Річард Фос [2]. Завдяки ним і виник такий інтерес до фракталів. З появою цієї книги почався бурний розвиток фрактальної геометрії. Фрактали знайшли майже у всіх природних явищах і процесах. Термін “фрактал” походить від латинського “fractus” і перекладається як «розбитий, дроблений, зламаний», «що сформований з фрагментів». Частина фрактала містить інформацію про увесь фрактал. Фрактальна геометрія — це спосіб відображення складних об'єктів. Застосування фракталів присутнє у комп'ютерній науці — це фрактальне стиснення даних [3].

У 1984 році вчені Бременського університету Х.О. Пайтген і П.Х. Ріхтер організують публічну виставку, яка мала грандіозний успіх. Виставка включала виконані в лабораторії комп'ютерної графіки картини, слайди, відеофільми фракталів. Щоб пояснити публіці суть цих картин, вони випустили брошуру



«Гармонія хаосу і порядку», а потім каталог німецькою та англійською мовами, який розійшовся за кілька місяців. У 1986 році вийшла в світ їх книга «Краса фракталів». Над вивченням фракталів працював також норвезький фізик Енс Федер. У своїй книзі «Фрактали» він дає ясне і просте викладення математичних властивостей фракталів, описує приклади застосування фракталів у гідродинаміці, океанології, гідрології та ін. Крім того, приводить методи комп'ютерної графіки [4].

Фрактал являє собою складну геометричну фігуру, яка складена з кількох нескінченної послідовності частин, кожна з яких подібна всій фігурі цілком, і повторюється при збільшенні масштабу. Галілео Галілей у 1623 році писав: "Вся наука записана у цій великій книзі, — я маю на увазі Всесвіт, — що завжди відкрита для нас, але яку неможливо зрозуміти, не навчившись розуміти мову, на якій вона написана, а написана вона на мові математики, і її літерами є трикутники, кола і інші геометричні фігури, без яких людині не можливо розібрати жодного її слова; без них вона подібна блукаючому в п'ятні...". Структура фрактала на всіх шкалах є нетривіальною. Якщо ми розглянемо невеличкий фрагмент регулярної фігури (коло, еліпс) в дуже великому масштабі, він буде схожий на фрагмент прямої. А коли ми збільшуємо або зменшуємо масштаб перегляду фракталів, то їх вигляд не змінюється. Ступінь «порізаності», «зламаності», «хвилястості» фрактала може бути виміряне числом, яке називається фрактальна розмірність. З допомогою фрактальної розмірності можна порівнювати фрактали між собою. Вона збільшується із зростанням «порізаності», «зламаності», «хвилястості» об'єкта, тоді як топологічна розмірність не враховує всі зміни, які відбуваються з лінією чи поверхнею. Головна особливість фракталів, що їх розмірність є дробовим числом. Поняття фрактальної розмірності було введено Феліксом Хаусдорфом і Абрамом Безіковичем [5]. Відтепер вона заслужено носить імена своїх відкривачів — «розмірність Хаусдорфа–Безіковича». Фелікс Хаусдорф (трапляється варіант прізвища Гаусдорф) (1868–1942), — німецький математик, вважається одним з основоположників сучасної топології [6]. Абрам Самойлович Безікович (1891–1970) — британський математик. 1934 року А. Безікович був обраний членом Королівського наукового товариства. Серед відзнак Безіковича, зокрема, премія Д. Адамса Кембриджського університету (1930), медаль О. Де Моргана Лондонського математичного товариства (1950), медаль імені Дж. Сільвестра (1952) [7]. Мандельбротом у його книзі «Фрактальна геометрія природи» дається таке визачення :

«Фракталом називається множина, розмірність Хаусдорфа–Безіковича, для якої строго більше її топологічної розмірності» [8, 10].

Фрактал характеризується розмірністю Хаусдорфа  $D$ . Розмірність Хаусдорфа–Безіковича  $D$  — це міра розбивки об'єкта  $E$  на частини розміром  $r$  з наступним підрахунком числа  $N(r)$  частин, що покривають досліджуваний об'єкт [9]:

$$D = \lim_{r \rightarrow \infty} \frac{\log N(r)}{\log \left( \frac{1}{r} \right)}, \quad (1)$$

де  $N$  — кількість відрізків,  $r$  — довжина відрізка.

Зауважимо, що наприклад, форма антени у вигляді кривої фрактала дозволяє істотно зменшити її геометричні розміри. Натан Коен вивів теорему, яка доводить, що для створення широко-смугової антени досить надати їй форму самоподобної фрактальної кривої.

**Метою роботи** є проведення дослідження генезису фракталів і розвитку фрактальної геометрії як прикладної науки. Описати фрактальні методи в інформаційних технологіях обробки і аналізу великих потоків даних на основі логічних схем когнітивної аналітики розкодування прихованої в них інформації.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Алгебраїчні фрактали отримують за допомогою нелінійних процесів в  $n$ -мірних просторах. На сьогоднішній момент найбільш вивченими є двувимірні процеси. Як відомо, нелінійні динамічні системи володіють кількома стійкими станами. Кожне стійкий стан володіє певною областю початкових станів, з яких система обов'язково потрапить в розглянутий кінцевий стан. З цього випливає, що фазовий простір системи розбивається на області тяжіння певного стану. Таким чином, якщо фазовим є двувимірний простір, то фарбуючи області тяжіння різними кольорами, можна отримати колірний фазовий портрет цієї системи. Зміна алгоритму вибору кольору, дозволяє отримувати складні фрактальні візерунки з неймовірними кольоровими візерунками, що надало можливість за допомогою примітивних алгоритмів породжувати дуже складні нетривіальні структури.

У двовимірному випадку їх отримують з допомогою ламаної (або площини у тривимірному випадку), яка називається генератором. За один крок алгоритму кожний із відрізків замінюється

на ломану-генератор у відповідному масштабі. У результаті нескінченного повторення цієї процедури утворюється геометричний фрактал. До геометричних фракталів відноситься сніжинка Коха, множина Кантора, килим Серпінського, трикутник Серпінського, крива Пеано, крива дракона, Т-Квадрат і губка Менгера та інші.

Фрактали цього класу найбільш наочні, тому що вони володіють самоподібністю, яка не змінюється при зміні масштабу. Цей тип отримуть шляхом простих геометричних перетворень, а саме — за допомогою деякої ламаної, що називається генератором. Кожний з відрізків, що складає ламану, замінюється на ламану-генератор у відповідному масштабі. У результаті нескінченного повтору цієї процедури отримують геометричний фрактал.

Прикладом геометричних фракталів є трикутник Серпінського (рис. 1). Фрактал, який назвали трикутником Серпінського, був запропонований польським математиком Вацлавом Серпінським :  $N = 3$ ;  $r = \frac{1}{2}$ ;  $D = 1,585$  [7].

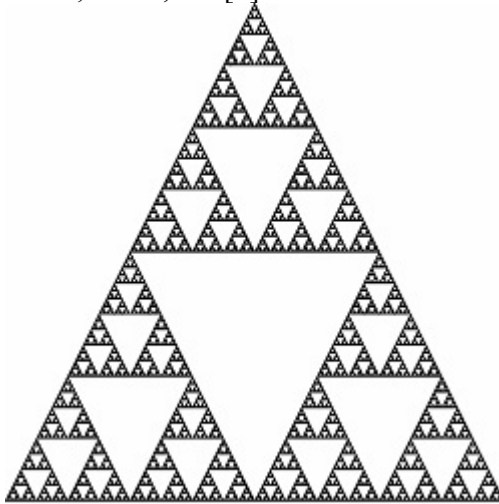


Рис. 1 Трикутник Серпінського

Ще одним відомим класом фракталів є стохастичні фрактали — це фрактали, при утворенні яких утворюються випадково змінюються які-небудь його параметри. При цьому утворюються об'єкти дуже схожі на природні — асиметричні дерева, порізані берегові лінії тощо. Приведемо приклади стохастичних фракталів:

— траєкторія броунівського руху на площині і в просторі;

— межа траєкторії броунівського руху на площині. У 2001 році Лоулер, Шрамм і Вернер довели припущення Мандельброта про те, що її розмірність дорівнює  $4/3$ ;

— еволюції Шрамм–Лёвнера — конформно-інваріантні фрактальні криві, що виникають у критичних двовимірних моделях статистичної механіки;

— різні види рандомізованих фракталів, тобто фракталів, отриманих за допомогою рекурсивної процедури, в яку на кожному кроці введений випадковий параметр. Плазма — приклад використання такого фрактала в комп'ютерній графіці.

Природні об'єкти часто мають фрактальну форму. Для їх моделювання можуть застосовуватися стохастичні (випадкові) фрактали.

Двомірні стохастичні фрактали використовуються при моделюванні рельєфа місцевості і поверхні моря. Приведемо приклад парадоксу геометричних фракталів: якщо берегова лінія Великобританії вимірюється відрізками по 100 км, то її довжина становить приблизно 2 800 км. Якщо використовуються відрізки по 50 км, то довжина дорівнює приблизно 3 400 км, що на 600 км більше.

У статті Мандельброта «Фрактальна геометрія природи» йдеться про експеримент, який поставив Льюїс Річардсон (Lewis Fry Richardson) — математик, фізик і метеоролог. Одним з напрямків його досліджень була спроба знайти математичний опис причин і ймовірності виникнення збройного конфлікту між двома країнами. У числі параметрів, які він враховував, була протяжність спільного кордону двох ворогуючих країн. Коли він збирав дані для численних експериментів, то виявив, що в різних джерелах дані про спільному кордоні Іспанії та Португалії сильно відрізняються. Це наштовхнуло його на таке відкриття: довжина кордонів країни залежить від лінійки, якою ми їх вимірюємо. Чим менше масштаб, тим довше виходить межа. Це відбувається через те, що при більшому збільшенні стає можливим враховувати все нові і нові вигини берега, які раніше ігнорувалися через грубості вимірювань. І якщо при кожному збільшенні масштабу будуть відкриватися раніше не враховані вигини ліній, то вийде, що довжина кордонів нескінченна! Правда, насправді цього не відбувається — у точності наших вимірювань є кінцевий межа. Цей парадокс називається ефектом Річардсона (Richardson effect) [6, 8].

Парадокс берегової лінії — суперечливе спостереження в географічних науках, пов'язане з неможливістю точно визначити довжину лінії узбережжя через її фракталоподобних властивос-

тей. На рис. 2 представлено берегову лінію узбережжя Норвегії, причому сітка зроблена з кроком 50 км.

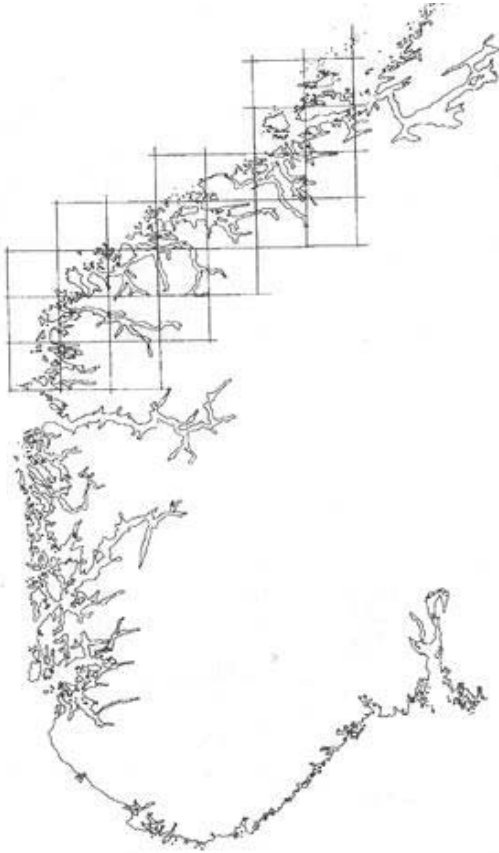


Рис. 2. Фрактальна геометрія узбережжя Норвегії

Поняття довжини походить від Евклідовому відстані. У Евклідовій геометрії пряма лінія являє собою найкоротша відстань між двома точками. Геодезична лінія на поверхні сфери, звана великим колом, вимірюється уздовж кривої, яка лежить в площині, що містить кінцеві точки шляху і центр сфери. Довжина кривої обчислюється складніше [4,7]. При використанні лінійки довжину кривої можна приблизно обчислити, підсумовуючи довжини відрізків, що з'єднують точки (рис. 3).



Рис.3. Апроксимація обчислення берегової лінії

Фрактальна крива, яку описав шведський математик Хельге фон Кох за такими параметрами:  $N = 4$ ;  $r = 0,333$ ;  $D = 1,26$ . Три копії кривої Коха, побудовані на сторонах правильного трикутника, утворюють замкнену криву, так звану сніжинку Коха [3].

Крива Коха задається такою системою ітераційних функцій. Контур сніжинки Коха складається з відрізків однакової довжини, нахилених під кутом  $0^\circ$ ,  $60^\circ$  і  $120^\circ$  по відношенню до горизонтальної осі  $x$ . Якщо позначити їх відповідно 1, 2 і 3, то сніжинка будь-якого порядку буде складатися з наступних один за одним трійок — 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3 .. і т. Д. Кожен з цих трьох типів відрізків може прикріплятися до попереднього одним або іншим кінцем. З урахуванням цієї обставини можна вважати, що контур сніжинки складається з відрізків шести типів. Позначимо їх 0, 1, 2, 3, 4, 5.

Таким чином, ми отримуємо можливість кодувати контур будь-якого порядку за допомогою 6 цифр (рис. 4). Отже, побудова такого геометричного фракталу починається з відрізка-ініціатора, далі відбувається побудова генератора і безпосередня побудова фракталу згідно певного правила [5, 6, 9]. Ще один геометричний фрактал, названий фракталом Мінковського, запропонував німецький математик Герман Мінковський. Генератор складається з восьми рівних частин. Коефіцієнт подібності —  $1/4$ . Отже, обчислюється величина  $D$ :  $N = 8$ ;  $r = 1/4$ ;  $D = 1,5$ . Змінюючи лише деякі характеристики, можна створити величезну кількість різноманітних фігур.

Аналогічно можна здійснювати побудову інших геометричних фракталів. Фрактал є складною фігурою, але застосування цього методу допомагає зробити його структуру ще складнішою. Відповідно фрактальна сітка забезпечить вищий рівень захисту документів. Вважається, що використання методу побудови фракталів для захисту документів є перспективним. Під час використання зображень фракталів з великою кількістю ітерацій,

найменші частини є настільки дрібними, що відтворити їх за допомогою звичайного копіювання — неможливо.

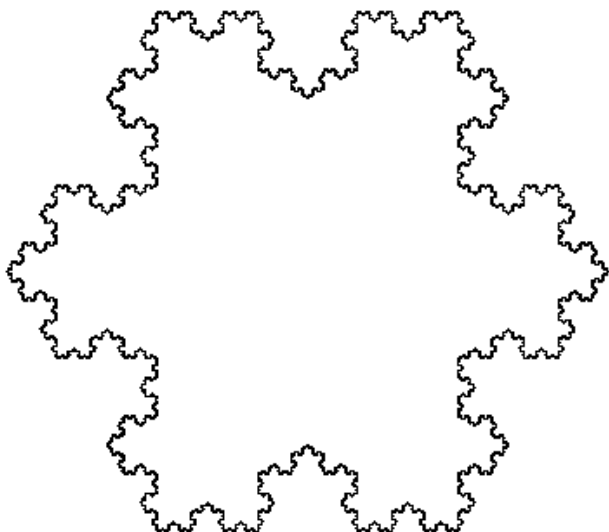


Рис.4. Сніжинка Коха

Тобто можна стверджувати, що фрактальна сітка може забезпечувати три ступені захисту завдяки:

1) складності фрактального візерунку, відтворення якого вимагає значної кількості часу, кваліфікованих кадрів, що відповідно призводить до підвищення собівартості підробки;

2) використанню спеціальних способів друку, при яких відсутні розриви фрактальних елементів і накладання фарб навіть на найдрібніших елементах сітки;

3) фрактальна сітка є елементом захисту завдяки дрібним елементам і тонким лініям, що розташовані близько одна до одної.

Таким чином створено інформаційну технологію захисту документів. Суть цієї технології полягає у розробленні елементів поліграфічного захисту, а саме: захисних сіток на основі геометричних фракталів.

Як і векторна, фрактальна графіка відноситься до розряду "обчислюваних", але відрізняється від неї тим, що ніякі об'єкти в пам'яті комп'ютера не зберігається. При цьому фрактал стає об'єктом, що володіє нескінченною складністю, що дозволяє розг-

лянути стільки ж своїх предметів поблизу, як і здалеку. У комп'ютерній графіці фрактали прискорюють створення зображень, при цьому вони забезпечують стиснення зображення. Побудова фрактального зображення відбувається за деяким алгоритмом або шляхом автоматичної генерації зображень, використовуючи обчислення за певними формулами. Зміна значень вхідних даних в алгоритмах або коефіцієнтів у формулах приводить до модифікації цих зображень. Фрактальну графіку часто використовують для графічного подання даних при моделюванні деяких процесів, для автоматичної генерації абстрактних або реалістичних зображень, у розважальних програмах. Безперечною перевагою фрактальної графіки є те, що у файлі фрактального малюнка зберігаються тільки алгоритми та формули. Тому розміри цих файлів значно менші, ніж файлів малюнків векторної і растрової графіки.

Існують спеціальні пакети для проведення фрактального аналізу, такі як FracLab, FRACTAN.

Для моделювання фракталів застосовують програмування Python з пакетами NumPy, SciPy та Matplotlib. Також використовується комплексне середовище Enthought Canopy для аналізу і візуалізації результатів. Enthought Canopy використовує понад 150 бібліотек, до яких входять NumPy та Matplotlib. Ці пакети застосовуються і для фрактальної розмірності часового ряду.

Наприклад, у класичній теорії аналізу часових рядів біржових даних та інвестування в цінні папери не використовуються інструменти теорії хаосу, а використовується фрактальний аналіз в процесі відбору акцій до інвестиційного портфелю як доповнення до класичного технічного аналізу. Одним з найпопулярніших методів оцінювання фрактальної розмірності є варіаційний метод, узагальненням якого є сегментно-варіаційний метод. Фрактальна розмірність часового ряду вимірює, наскільки порізанним є часовий ряд. Згідно з очікуванням пряма лінія повинна мати фрактальну розмірність 1, рівну її евклідовій розмірності. Фрактальна розмірність випадкового часового ряду складає 1,50. Один ранній метод обчислення фрактальної розмірності передбачає покриття кривої колами радіусу. Розраховують кількість кіл необхідних для покриття кривої, а потім збільшують радіус. При цьому кількість кіл змінюється таким чином:

$$N(2r)^d = 1, \quad (2)$$

де  $N$  — кількість кіл;  $r$  — радіус;  $d$  — фрактальна розмірність.



Фрактальна розмірність може бути вирішена як нахил графіка в логарифмічному масштабі по обох осях. Для часового ряду можна збільшити радіус як приріст часу і розрахувати кількість кіл необхідних для покриття всього часового ряду як функцію приросту часу. Таким чином, фрактальна розмірність часового ряду є функцією зміни масштабу в часі.

Візьмемо до уваги низку випадкових змінних протяжності 100 з розкладом у площині  $[0, 1]$ , генерованих за допомогою комп'ютера.

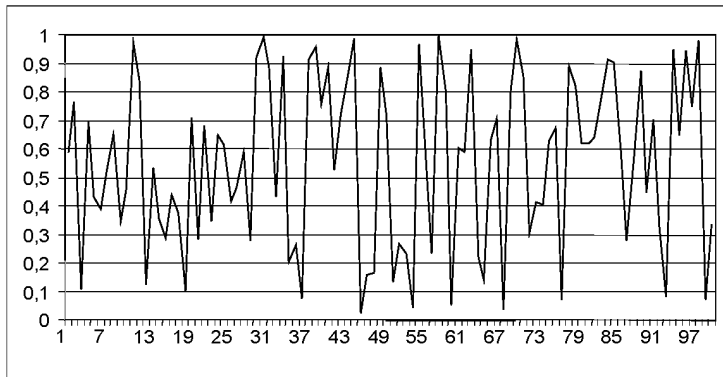


Рис. 5. Діаграма ряду

Оцінка величини фрактальної розмірності для ряду, діаграму якого представлено на рис. 5, дала значення 1,778. Багатократні комп'ютерні ітерації дали натомість середнє значення для цього типу рядів — 1,775. Це значення може бути точкою відліку при порівнянні випадкових рядів з не випадковими, а також величини ламаності.

Таким чином, теорія фракталів демонструє якісний новий підхід у моделюванні економіки.

**Висновки.** Фрактал — геометрична фігура, що складена з кількох частин, кожна з яких подібна до усієї фігури у цілому. Нині фрактали знаходять широке застосування в різних областях інформаційних технологій: стиснення зображень; комп'ютерна графіка; кластерний аналіз; нейронні мережі; криптографія; фінанси; музика. Основа методу фрактального кодування — це виявлення подібних ділянок в зображенні. Математична модель, яка використовується при фрактальному стисненні зображень, називається системою ітегрованих функцій. незважаючи на те, що виконані в останні роки роботи дозволили значно зменшити

час кодування, актуальним залишається проведення досліджень з підвищення швидкості стиснення зображень цим методом.

### **Література**

1. *Киппхан Г.* Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Пер. с нем. — М.: МГУП, 2003. — 1280 с.
2. *Мандельброт Б.* Фракталы, случай и финансы / Б. Мандельброт. — Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2004. — 256 с.
3. *Мандельброт Б.* Фрактальна геометрія природи / Бенуа Мандельброт. — М. : Інститут комп'ютерних досліджень. — 2002. — 656 с.
4. *Корнійчук О. Е.* GRAN-ілюстрація та прогнози обчислення еколого-економічної моделі / О. Е. Корнійчук // Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова. Сер. № 2. Комп'ютерно орієнтовані системи навчання. — Київ : Національний пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова, 2007. — Вип. 5 (12). — С. 131–136.
5. *Кроновер Р.* Фракталы и хаос в динамических системах / Р. Кроновер. — М.: Техносфера, 2006. — 488 с.
6. Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов / Под ред. Р.Э. Пашенко. — Харьков : ЭкоПерспектива, 2006. — 348 с.
7. *Петерс Э.* Фрактальный анализ финансовых рынков / Э. Петерс. — М.: Интернет-Трейдинг, 2004. — 286 с.
8. *Дербенцев В. Д.* Синергетичні та економіфізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем / В. Д. Дербенцев, О. А. Сердюк, В. М. Соловійов, О. Д. Шарাপов. — Черкаси : Брама-Україна, 2010. — 287 с.
9. *Уэлстид С.* Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии / С. Уэлстид. — М.: Триумф, 2003. — 320 с.
10. *Бейбалаев В.Д.* Математические модели неравновесных процессов в средах с фрактальной структурой : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. — Махачкала, 2009. — 18 с. 3. *Мокрый В.Ю.* Учебный модуль «Методы, алгоритмы и технологии сжатия данных»: [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://sites.google.com/site/szatieinformacii/>.
11. *Дубовиков М.М.* Индекс вариации и его приложение к анализу фрактальных структур // М.М. Дубовиков, Н.В. Старченко. Научный альманах «Гордон», изд-во «Поматур», М. 2005.

### **References**

1. *Kippkhan H.* Entsyklopedyia po pechatnym sredstvam ynformatsyyu. Tekhnolohyyu y sposoby proyzvodstva / Perevod s nemetskoho — М.: МНУР, 2003. — 1280 s. 2. *Mandel'brot B.* Fraktaly, sluchaj y fynansy / B. Mandel'brot. — Moskva-Yzhevsk: Rehuliarnaia y khaotycheskaia dynamyka, 2004. — 256 s.

2. Mandel'brot B. Fraktal'na heometriia pryrody / Benua Mandel'brot. — Moskva : Instytut komp'uternykh doslidzhen'. — 2002. — 656 s.
3. Kornijchuk O. E. GRAN–ilustratsiia ta prohnozni obchyslennia ekoloho-ekonomichnoi modeli / O. E. Kornijchuk // Naukovyj chasopys NPU im. M.P. Drahomanova. Ser. № 2. Komp'uterno oriientovani systemy navchannia. — Kyiv : Natsional'nyj ped. un-t im. M. P. Drahomanova, 2007. — Vyp. 5 (12). — S. 131-136.
4. Kronover R. Fraktaly y khaos v dynamycheskykh systemakh. / R.Kronover. — M.: Tekhnosfera, 2006. — 488 s.
5. Fraktal'nyj analiz protsessov, struktur y syhnalov / Pod red. R.E. Paschenko. — Khar'kov : EkoPerspektyva, 2006. — 348 s.
6. Peters E. Fraktal'nyj analiz fynansovykh rynkov / E. Peters. — M.: Ynternet-Trejdynh, 2004. — 286 s.
7. Derbentsev V. D. Synerhetychni ta ekonofizychni metody doslidzhennia dynamichnykh ta strukturnykh kharakterystyk ekonomichnykh system / V. D. Derbentsev, O. A. Serdiuk, V. M. Solovjov, O. D. Sharapov.— Cherkasy : Brama-Ukraina, 2010. — 287 s.
8. Uelstyd S. Fraktaly y vejlety dlia szhatyia yzobrazhenyj v dejstvyy / S. Uelstyd. — M.: Tryumf, 2003. — 320 s.
9. Bejbalaev V.D. Matematycheskye modely neravnovesnykh protsessov v sredakh s fraktal'noj strukturoj : avtoref. dys. ... kand. fiz.-mat. nauk. — Makhachkala, 2009. — 18 s. 3. Mokryj V.Yu. Uchebnyj modul' «Metody, alhorytmy y tekhnolohyy szhatyia dannykh»: [Elektronnyj resurs] — Rezhym dostupu: <https://sites.google.com/site/szatieinformacii/>.
10. Dubovykov M.M. Yndeks varyatsyy y eho prylozhenye k analyzu fraktal'nykh struktur // M.M. Dubovykov, N.V. Starchenko. Nauchnyj al'manakh «Hordon», yzd-vo «Pomatur», M. 2005.

Статтю подано до редакції 12.10.2018 р.

Моделювання та інформ. системи в економіці : зб. наук. праць /  
відп. ред. В. К. Галіцин. 2018. № 95. 1— 224 с.

*Для нотаток*

*Для нотаток*

*Для нотаток*

*Для нотаток*