

Друковане видання ISSN 2616-6437
Онлайн видання ISSN 2708-9746

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 фахових видань категорії «Б». Наказ Міністерства освіти і науки України № 886 від 02.07.2020 року.

Моделювання та інформаційні системи в економіці

Збірник наукових праць

Заснований у 1965 р.

№ 99

Головний редактор *О. Є. Камінський*

УДК 311:519.2:519.86

Редакційна колегія

О. С. Камінський, д.е.н., доц. (гол. ред.); **В. В. Дем'яненко**, к.е.н., доц. (заст. гол. ред.); **С. Д. Потапенко**, к.е.н., доц. (відп. секр.); **З. П. Бараник**, д.е.н., проф.; **Г. І. Великоіваненко**, к.ф.м.н., проф.; **В. В. Вітлінський**, д.е.н., проф.; **В. К. Галіцин**, д.е.н., проф.; **Ю. А. Гладка**, к.ф.м.н., доц.; **І. А. Джалладова**, д.ф.м.н., проф.; **Лакатос Ласло**, д., проф. (Угорщина); **А. В. Матвійчук**, д.е.н., проф.; **О. В. Піскунова**, д.е.н., проф.; **С. К. Рамазанов**, д.т.н., д.е.н., проф.; **М. Ружичкова**, д-р, проф. (Польща); **М. І. Скрипниченко**, чл. кор. НАН України, д.е.н., проф.; **В. І. Скицько**, к.е.н., доц.; **О. П. Степаненко**, д.е.н., проф.; **Д. Я. Хусайнов**, д.ф.м.н., проф.

*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 11.09.2006*

*Рекомендовано до друку Вченою радою КНЕУ
Протокол № 3 від 29.10.2020 р.*

*Художник обкладинки Т. Зябліцева
Коректор І. Савлук
Верстка О. Ковальчук*

*Підписано до друку 30.10.2020. Формат 60×84/16. Папір офсет.
Гарнітура Тип Таймс. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 10,69.
Обл.-вид. арк. 12,17. Наклад 50 пр. Зам. № 20-5645.*

*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, 2020

ЗМІСТ

Агутін М. М., Дем'яненко В. В., Потапенко С. Д. До питання визначення розміру бюджету рекламної кампанії.	5
Бегун А. В., Плахтій М. О., Осипова О. І., Урденко О. Г. Огляд ключових технологічних трендів продажу квитків на видовищні заходи	16
Ващасв С. С., Камінський О. Є. Системний аналіз гедоністичних індексів цін для хмарних обчислень	31
Грибков С. В., Харкянен О. В., Гладка Ю. А. Використання евристичних і еволюційних алгоритмів для розв'язання задач управління	41
Джалладова І. А., Бабинюк О. І., Лютий О. І., Модифікація методів дослідження системи різницевих рівнянь з випадковими коефіцієнтами для аналізу загроз соціо-безпеки в умовах пандемії	55
Домінова І. В., Кисіль Т. М. Оцінка та прогнозування ймовірності банкрутства банківських установ України.	70
Кириленко О. М., Новак В. О., Разумова К. М. Аналіз стратегічного позиціонування та тенденцій розвитку авіаційних перевезень в Україні	83
Корзаченко О. В., Чернявський К. І. Progressive Web Applications: революційні зміни у веброзробці	92
Мамонова Г. В., Позднякова Л. О. Моделювання загроз процесу європеїзації пенсійної системи України	101
Пірогов В. І. Використання стратифікованого семплінгу контрольної вибірки для покращення предикативності моделей бутінгових дерев рішень	119
Піскунова О. В., Водзянова Н. К., Панченко К. С. Концепція стрестестування ринкового ризику з використанням методів економетричного моделювання.	131
Семашко К. А. Вплив владних рішень на обсяг та динаміку тіньової економіки.	144
Толюпа С. В., Пархоменко І. І., Кириленко А. І., Вадис К. А. Захист корпоративної інформації на мобільних пристроях.	151
Четверіков І. О., Петренко А. І. Технологія Blockchain в системі захисту інформації.	162
Щедріна О. І. Системний аналіз як інструмент прийняття управлінських рішень в бізнесі.	170

CONTENTS

Agutin M. M., Demyanenko V. V., Potapenko S. D. On the question of determining the size of the advertising campaign budget	5
Begun A. V., Plakhtiy M. O., Osipova O. I., Urdenko A. G. Overview of key technological trends of ticket sales at spectacular events	16
Vashaev S. S., Kaminsky O. Y. System analysis of hedonistic price indices for cloud computing	31
Hrybkov S. V., Kharkianen O. V., Yuliya G. A. Using heuristic and evolutionary algorithms to solve control	41
Dzhalladova I. A., Babynuk O. I., Liutyj O. I. Modification of research methods the system of difference equations with random coefficients for analysis of socio-security threats in a pandemic condition.	55
Dominova I. V., Kysil T. M. Assessment and forecasting of the probability of bankruptcy of banking institutions of Ukraine	70
Kyrylenko O. M., Novak V. O., Razumova K. M. Analysis of strategic positioning and development trends of air transportation in Ukraine	83
Korzachenko O. V., Cherniavskiy K. I. Progressive Web Applications: revolutionary changes in web development.	92
Mamonova A. V., Pozdnyakova L. O. Simulation of threats of the europeanization process pension system of Ukraine	101
Pyrohov B. I. Usage of stratified sampling of control subset for predicativity improvement of boosted decision tree models	119
Piskunova O. V., Vodzianova N. K., Panchenko K. S. Concept of market risk stresstesting using methods of econometric	131
Semashko K. A. The influence of government decisions on the volume and dynamics of the shadow economy	144
Toliupa S. V., Parkhomenko I. I., Kyrylenko A. I., Vadis K. A., Protection of corporate information on mobile devices	151
Chetverikov I. A., Petrenko A. I. Blockchain technology in the information security system	162
Shchedrina E. I. System analysis as a tool for making management decisions in business	170

Агутін М. М.,

к. е. н., доцент кафедри
комп'ютерної математики та інформаційної безпеки

Дем'яненко В. В.,

к. е. н., доцент кафедри
комп'ютерної математики та інформаційної безпеки

Потапенко С. Д.,

к. е. н., доцент кафедри
комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Agutin M. M.,

Candidate of Economic Science, Associate Professor of
Department of Computer Mathematics and Information Security

Demyanenko V. V.,

Candidate of Economic Science, Associate Professor of
Department of Computer Mathematics and Information Security

Potapenko S. D.,

Candidate of Economic Science, Associate Professor of
Department of Computer Mathematics and Information Security,
SHEI KNEU named after V. Hetman

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРУ РЕКЛАМНОГО БЮДЖЕТУ

ON THE ISSUE OF DETERMINING THE SIZE OF THE ADVERTISING BUDGET

Анотація. Вибір найкращого методу серед різноманіття підходів до визначення розміру рекламних бюджетів є задачею вибору альтернатив. Для успішного вирішення даної задачі потребується врахування різноманітних чинників, які визначають особливості функціонування підприємств. Сучасне ведення комерційної діяльності вимагає від підприємств здійснення постійного впливу процес продажу власної продукції через здійснення систематичного інформування потенційних покупців про її переваги та спонукання їх до здійснення придбання товарів і послуг. Рекламування власної продукції вимагає фінансових витрат обґрунтований обсяг яких важко визначити. Задача визначення необхідного розміру рекламних витрат немає єдиного способу свого вирішення і залежить від різноманітних чинників, які визначають специфіку діяльності підприємств. Значне різноманіття методів визначення рекламних бюджетів, які описані в сучасній науковій літературі, вимагають вирішення питання обрання найкращого з них в умовах конкретного підприємства. Зрозуміло, що на процес вирішення даної задачі впливає сукупність різних об'єктивних і суб'єктивних факторів. Стаття містить огляд популярних методів визначення розмірів рекламних бюджетів з елементами аналізу особливостей їх застосування. Метою статті є дослідження передумов вибору найкращого методу та формування пропозицій щодо його здійснення. Питанню систематизації різноманіття відомих методів визначення розмірів рекламних бюджетів у науковій і спеціалізованій лі-

тературі приділяється чимало уваги. Разом з тим, спільною рисою оглядів методів визначення рекламних бюджетів є наявність відкритого питання, яке стосується вибору найкращого методу. Вирішенню саме цього питання приділяється увага у даній статті. В умовах наявності суб'єктивних суджень, які впливають на процес вибору найкращої альтернативи серед можливих варіантів визначення рекламного бюджету, одним з дієвих способів вирішення поставленої задачі є застосування методів експертного оцінювання можливих варіантів. Застосування такого підходу та результати, які можна отримати на його основі, є підґрунтям до вирішення суміжних задач рекламування: ефективного залучення каналів розповсюдження рекламних повідомлень; оптимального розподілу рекламного бюджету за напрямками рекламування; планування виконання заходів рекламних кампаній тощо.

Ключові слова: реклама; бюджет; вибір альтернатив; метод визначення розміру рекламного бюджету; метод експертного оцінювання.

Abstract. Choosing the best method among a variety of approaches to determining the size of advertising budgets is the task of choosing alternatives. To successfully solve this problem, it is necessary to take into account various factors that determine the features of the functioning of enterprises. Modern conduct of commercial activity requires enterprises to constantly influence the process of selling their own products through the implementation of systematic informing of potential buyers about its advantages and encouraging them to purchase goods and services. Advertising your own products requires financial costs, the reasonable amount of which is difficult to determine. The problem of determining the required amount of advertising costs there is no single way to solve it and depends on a variety of factors that determine the specifics of enterprises' activities. A significant variety of methods for determining advertising budgets, which are described in modern scientific literature, require solving the issue of choosing the best of them in the conditions of a particular enterprise. It is clear that the process of solving this problem is influenced by a combination of various objective and subjective factors. The article contains an overview of popular methods for determining the size of advertising budgets with elements of analyzing the features of their application. The purpose of the article is to study the prerequisites for choosing the best method and form proposals for its selection. The issue of systematization of a variety of well-known methods for determining the size of advertising budgets in scientific and specialized literature is given a lot of attention. At the same time, a common feature of reviews of methods for determining advertising budgets is the presence of an open question regarding the choice of the best method. This paper is given attention in this publication. In the presence of subjective judgments that affect the process of choosing the best alternative among the possible options for determining the advertising budget, one of the most effective ways to solve this problem is to use methods of expert assessment of possible options. The application of this approach and the results that can be obtained on its basis are the basis for solving related advertising tasks: effective attraction of advertising message distribution channels; optimal distribution of the advertising budget in advertising areas; planning the implementation of advertising campaign activities, etc.

Keywords: advertising; budget; choice of alternatives; method for determining the size of the advertising budget; method of expert evaluation.

Зв'язок статті з важливими науковими та практичними завданнями. Сучасне ведення комерційної діяльності вимагає від підприємств здійснення постійного впливу на процес прода-

жу власної продукції через здійснення систематичного інформування потенційних покупців про її переваги та спонукання їх до здійснення придбання товарів і послуг. Рекламування власної продукції вимагає фінансових витрат обґрунтований обсяг яких важко визначити. Задача визначення необхідного розміру рекламних витрат немає єдиного способу свого вирішення і залежить від різноманітних чинників, які визначають специфіку діяльності підприємств. Враховуючи наявне різноманіття таких специфічних чинників у науковій літературі постійно пропонуються все нові і нові методи визначення розмірів рекламних бюджетів і вдосконалюються уже відомі підходи до вирішення даної задачі. Матеріали, що висвітлюються у даній статті, є результатом виконаного дослідження особливостей методів визначення розмірів рекламних бюджетів, їх систематизації та формування пропозицій щодо обрання найкращого методу в умовах специфіки діяльності окремого підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню систематизації різноманіття відомих методів визначення розмірів рекламних бюджетів у науковій і спеціалізованій літературі приділяється постійна увага. Іноді подібні статті мають оглядовий характер і мають за мету популяризацію досліджень у даному напрямі. Наприклад, однією з таких публікацій, на нашу думку, є [7]. В інших публікаціях, наприклад у [4], матеріал, який висвітлюється, подається з деякими припущеннями та спрощеннями, що обумовлює можливість застосування методів визначення розмірів рекламних бюджетів для ширшого кола потенційних рекламодавців.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Спільною рисою оглядів методів визначення рекламних бюджетів є наявність відкритого питання, яке стосується вибору найкращого методу. Вирішенню саме цього питання приділяється увага у даній публікації.

Формування цілей статті. Значне різноманіття методів визначення рекламних бюджетів, які описані в сучасній науковій літературі, вимагають вирішення питання обрання найкращого з них в умовах конкретного підприємства. Зрозуміло, що на процес вирішення даної задачі впливає сукупність різних об'єктивних і суб'єктивних факторів. Саме тому виявлення таких передумов є ключовим критерієм вибору того або того методу визначення розміру рекламного бюджету. Стаття містить огляд популярних методів визначення розмірів рекламних бюджетів з елементами аналізу особливостей їх застосування. Метою статті є досліджен-

ня передумов вибору найкращого методу та формування пропозицій щодо його здійснення.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо деякі методи визначення розмірів рекламного бюджету та визначимо їх особливості.

Метод відсотку від обсягів виручки. Даний метод визначення обсягу рекламного бюджету детально описано у [3]. Розмір рекламного бюджету визначається директивно, спираючись на розмір частки валової виручки, яку отримує підприємство.

Визначення обсягів рекламних витрат у такий спосіб є популярним серед рекламодавців через простоту свого застосування. Плануючи обсяги рекламних витрат значення розміру валової виручки можна отримати спираючись на попередній досвід рекламодавця. Але слід відмітити, що інтуїтивно-приваблива можливість збільшення розмір частки валової виручки не завжди забезпечує отримання бажаного ефекту — на кінцевий результат збутової діяльності впливають і інші фактори: діяльність конкурентів; змінна кон'юнктури ринку; сезонні коливання попиту тощо. Метод, який розглядається, не враховує перераховані фактори. Тому даний підхід придатний до застосування у короткостроковій перспективі, але його застосування з довгостроковою метою є сумнівним. З іншого боку планування витрат на рекламну діяльність може здійснюватись через оцінювання потенційних можливостей рекламодавця у майбутньому, що в свою чергу вимагає виконання відповідного економіко-математичного моделювання. У такому випадку визначення відсотку витрат на рекламу від обсягів виручки, яка пов'язана зі збутом продукції, перестає бути тривіальною дією.

Метод аналізу цілей і задач рекламування. Згадки про застосування даного методу визначення обсягу рекламного бюджету можна зустріти у багатьох літературних джерелах, зокрема у [8]. Метод формує ідею, що реклама є засобом, який стимулює процес реалізації продукції підприємства. Визначений розмір рекламного бюджету є бюджетом розвитку процесу реалізації. Для цього рекламодавець повинен визначити цілі та мету процесу рекламування: планові обсяги валової виручки та обсяги прибутку від реалізації продукції; розмір долі ринкової ніші, яку займає або планує захопити підприємство; особливості цільової групи рекламування та цільової групи збуту продукції; очікувану реакцію конкурентів на рекламування тощо. Наприклад, якщо за основу береться план отримання деякого обсягу валової виручки — то визначення обсягу рекламних витрат здійснюється з урахуван-

ням вартості витрат на захоплення та утримання однієї умовної рейтингової одиниці охоплення цільової аудиторії, кількості умовних рейтингових одиниць, які необхідні для охоплення цільової аудиторії, запланованого обсягу валової виручки та максимального обсягу валової виручки, який можна теоретично досягти.

Надалі, маючи сформовану мету рекламування та визначений розмір рекламного бюджету рекламодавцю потрібно визначити задачі, виконання яких забезпечить ефективне рекламування та сформувані план реалізації даних завдань. Природно використовувати для цього методологію проектного менеджменту. Що дає змогу оцінити час виконання, вартість необхідних робіт і їх послідовність, визначити якісний і кількісний склад виконавців, сформувані вимоги до інших ресурсів, які потребуються для успішного рекламування. Це дає змогу реалістично оцінити свої можливості та визначити обсяги фінансових залучень у рекламування, що є основою формування бюджету майбутньої рекламної кампанії.

Метод залишкових коштів. В описі підходів визначення розміру рекламного бюджету, які можна зустріти у [3], даний метод описано під назвою «залишковий бюджет». За даного підходу на рекламування своєї продукції підприємство виділяє стільки коштів, скільки їх залишається вільними після задоволення всіх інших потреб.

Даний метод не вимагає виконання аналізу поточної ринкової ситуації та врахування минулого досвіду розповсюдження рекламних повідомлень. Метод не враховує зв'язок між витратами на рекламу та сумою отриманого прибутку підприємством, не досліджує характер такого зв'язку та потенційні можливості рекламування для розвитку організації. Разом з тим метод ґрунтується на розумінні важливості рекламування і розумінні необхідності здійснення рекламної діяльності. Такий підхід є зручним для компаній, які тільки розпочинають свою діяльність, ще не досягли високих показників розвитку, і не можуть дозволити собі розглядати рекламну діяльність, як один з обов'язкових напрямів досягнення своєї комерційної мети. Здійснення рекламування за даним методом для зрілих компаній може бути виключно неефективним оскільки здатне приводити до недостатнього або надлишкового фінансування рекламних кампаній.

Метод оцінювання діяльності конкурентів. В описі підходів визначення розміру рекламного бюджету, які можна зустріти у [8], даний метод описано під назвою «методу конкурентного па-

ритету». Основою даного методу є стеження за рекламною діяльністю конкурентів. З точки зору суб'єктивного погляду багатьох рекламодавців існує думка, що достатні витрати на рекламу є приблизно однаковими для всіх, а це означає, що рівень витрат не варто робити більшими або меншими за аналогічні витрати, які здійснюють конкуренти. За даними підходом для визначення розміру необхідного рекламного бюджету цілком достатньо отримати значення середньої вартості витрат на рекламу у власній галузі господарювання.

Даний метод не дає відповіді на питання: чи є наявні витрати на рекламу дійсно ефективними, а тим більше оптимальними у поточній ринковій ситуації. Але, разом з цим, дає змогу уникнути різких коливань в обсягах рекламних асигнувань і дозволяє підтримувати рекламну політику на достатньому задовільному рівні. Явно неефективне рекламування ніколи не буде прийнято за основу і фінансування рекламних програм з отриманням паритетного рівня прибутковості компанії буде досягнуто достатньо швидко. Такий метод часто обирається компаніями з недостатнім рівнем досвіду рекламування.

Метод оцінювання частки ринку. З об'єктивних міркувань таким може бути будь-який метод визначення обсягів асигнувань у рекламу, який враховує позиції підприємства на ринку. Але, на нашу думку, слід розділяти окремо методи, застосування яких базується на об'єктивних і, окремо, суб'єктивних міркуваннях. Якщо розглянути суб'єктивний підхід, то оцінити власну частку ринку можна через дослідження особливостей рекламної діяльності конкурентів. З точки зору суб'єктивного погляду багатьох рекламодавців, існує думка, що достатні витрати на рекламу повинні бути співставними частці охоплення цільового ринку, розмір якої можна оцінити за валовою виручкою діяльності організації та її конкурентів. Це означає, що витрати на фінансування рекламної діяльності повинні бути збільшеними, якщо їх збільшили конкуренти або такі витрати можуть бути зменшеними, якщо це дозволяє розвиток ринкової кон'юнктури. Одночасно з цим, плануючи свою діяльність, компанія повинна враховувати відповідну реакцію конкурентів.

Даний метод є привабливим для визначення розміру рекламного бюджету через достатню простоту отримання значень показників економічної діяльності підприємств, які діють на ринку. Такі дані оприлюднюються на вимогу законодавства та доступні у вигляді звітності про економічну діяльність. Разом з цим така опосередкована взаємодія діяльності організації, які функціону-

ють на ринку, дозволяє стверджувати, що визначення ефективного рекламного бюджету є достатньо складним динамічним процесом економіки підприємств. Крім того на зміну обсягів асигнувань на рекламування впливає зміна цінової, збутової, торговельної політики тощо, що також ускладнює визначення ефективного розміру рекламного бюджету.

Метод Відала-Вольфа. Метод опубліковано у [15]. Ідея даного методу полягає у тому, що процес розповсюдження рекламних повідомлень можна описати у вигляді моделі, яку можна описати диференційним рівнянням, що об'єднує різні фактори рекламування, а саме: обсяг асигнувань на рекламу; обсяг прибутку від реалізації продукції; рівень насиченості ринку продукцією, яка рекламується; ступінь реакції ринку на інвестиції у рекламу; ступінь реакції ринку на відсутність інвестицій у рекламу за певний проміжок часу.

У процесі розв'язання рівняння моделі можна отримати аналітичний вираз для отримувати розміру прибутку від реалізації продукції, як значення функції часу. Разом з тим, дана модель не враховує такі важливі чинники, як політика ціноутворення, реакція з боку конкурентів, що впливає на динаміку розвитку ринкового середовища тощо. Тому її зручно застосовувати за припущенням певних детермінованих умов. Наприклад, за умови сталого виділення асигнувань на рекламу в кожен окрему одиницю часу, для визначення розміру потрібного рекламного бюджету достатньою умовою буде орієнтація на необхідне значення обсягу прибутку від реалізації продукції підприємства.

Метод Літла. Метод опубліковано у [13]. Даний метод заснований на ідеї залежності частки ринку збуту, яка належить підприємству і яку можна описати у вигляді залежності від обсягу асигнувань на рекламу.

Оскільки модель враховує долю ринка і, як наслідок, обсяг валової виручки, то під час визначення розміру рекламного бюджету опосередковано враховується діяльність конкурентів. Разом з тим визначення значень інших факторів моделі може потребувати виконання окремого дослідження, що, у свою чергу, часто не є тривіальною задачею. Наприклад, значення мінімальної та максимальної долі ринку може бути визначено методами експертного оцінювання, що може потребувати значних додаткових витрат, які модель не враховує.

Метод Данахера-Руста. Метод опубліковано в [10]. Особливістю даного методу є пошук оптимального розміру рекламного бюджету з урахуванням зміни ефективності інвестицій у рекламу. Ідея методу ґрунтується на припущенні про можливість оцінити охоплен-

ня аудиторії рекламування з урахуванням: обсягу охоплення рекламною аудиторією, що залежить від розміру рекламних асигнувань; деякий мінімально-необхідний обсяг рекламних витрат, після здійснення якого реклама буде мати хоча б якийсь економічний сенс; розмір асигнувань у рекламу, дієвість якого оцінюється; вплив різноманітних зовнішніх чинників на ефективність асигнувань у рекламу. Враховуючи, що дієвість капіталовкладень у рекламу має тенденцію до зміни у часі — то задача зводиться до пошуку такого обсягу капіталовкладень у рекламу, який мав би максимально корисний ефект. З математичної точки зору задача зводиться до дослідження поведінки функції корисності капіталовкладень у рекламу і вирішується шляхом пошуку її екстремальних значень.

Враховуючи розглянуті особливості, за умови сталого розвитку ринкової кон'юнктури, даний метод дозволяє достатньо виважено підходити до вирішення задачі визначення розміру рекламного бюджету та придатний до оцінювання дієвості інвестицій у рекламування як у довгостроковій, так і в короткостроковій перспективі, що безумовно можна віднести до його переваг.

Метод Дорфмана-Стейнера. Метод опубліковано у [11]. Особливістю визначення обсягу асигнувань на рекламу є припущення про зв'язок рекламного бюджету з обсягом валової виручки компанії, еластичністю попиту на продукцію підприємства по відношенню до витрат на рекламу та еластичність попиту на продукцію підприємства по відношенню до її вартості.

За таким способом визначення розміру рекламного бюджету синхронізуються рекламна та цінова політика компанії, що є природним для більшості підприємств. Але, разом з тим, отримання значень відповідних показників еластичності потребує окремого дослідження і не є тривіальним у більшості випадків.

Метод Нерлав-Арроу. Метод опубліковано у [14]. Ідея даного методу полягає у тому, що процес розповсюдження рекламних повідомлень можна описати у вигляді моделі, яку можна описати диференціальним рівнянням, яке пов'язує: часові періоди проведення рекламних кампаній; кількість інформованих клієнтів у певні періоди часу; ефективність розповсюдження рекламних повідомлень; витрати на рекламування у певні періоди часу; швидкість забуття рекламних повідомлень.

У цілому дана модель нагадує модель Відала-Вольфа з аналогічними припущеннями, але пов'язує обсяг асигнувань на рекламу не з обсягом прибутку, а з кількістю обізнаних клієнтів. Розглянута схема розрахунків є достатньо зручною за умови сталих асигнувань у процес рекламування. Але, якщо за основу береться

більш гнучка стратегія освоєння рекламного бюджету — то застосування даного методу перестає бути тривіальним.

Моделі Кларка. У статті [9] запропоновано кілька моделей, що пов'язують витрати на рекламу з обсягом продажів, які, за своєю суттю, обумовлені даними витратами. Ідея однієї моделі зводиться до того, що ефект від рекламування завжди має кумулятивний характер. Тобто досліджувати економічний ефект від процедури рекламування можна виключно у часовій ретроспективі у вигляді, який враховує витрати попередніх періодів. Крім урахування витрат на рекламування також у часовій ретроспективі пропонується враховувати рекурентний вплив отримання виручки. Дійсно, такий підхід дає змогу враховувати прихильність покупців і їх готовність здійснювати повторне придбання продукції компанії. Часто останній чинник не потребує додаткового рекламування і тому враховується у моделі у вигляді окремих екзогенних змінних.

За умови планування обсягів рекламного бюджету таку задачу можна розглядати як зворотну до визначення можливого обсягу валової виручки. Потрібно відмітити, що для застосування даних моделей потребується наявність певного досвіду з рекламування. Зокрема, для виконання розрахунків будуть потребуватись статистичні дані минулих часових періодів діяльності підприємства.

Модель Ламбена. Модель опубліковано у [12] та детально розглянуто у [3]. Модель Ламбена відноситься до класу статистичних і визначає залежність таких характеристик економічної діяльності підприємства, як: обсяг продажу у розрахунку на одного потенційного покупця; орієнтовний обсяг доходу одного потенційного покупця; вплив метеорологічних факторів; кількість різновидів продукції, що рекламується; вартість продукції, що рекламується; частота відвідування торговельних закладів одним потенційним покупцем; рекламні витрати на одного потенційного покупця; часові проміжки рекламування.

Користуючись даною формулою, за умови наявного плану отримання обсягів продажів, досить легко можна отримати формулу розрахунку рекламних витрат на одного потенційного покупця. Очевидно, що застосування даної моделі підходить лише для тих підприємств, які здатні якісно оцінити потенційні можливості ринку збуту, що можливо лише за умови наявності вже сформованого досвіду проведення рекламних кампаній.

Вибір методу визначення розміру рекламного бюджету. Отже, вибір потрібного методу визначення розміру бюджету рекламування є складною нетривіальною задачею, що вимагає врахування різноманітних чинників, які визначають особливості фу-

нкціонування підприємств. Таку задачу доводиться вирішувати всім без виключення компаніям, для яких є важливим питання ефективного просування власної продукції на ринку. Визначення розміру рекламного бюджету здійснюється, як в умовах повної інформації про ринок збуту, так і в умовах, коли такої інформації недостатньо і роботи висновки про кон'юнктуру ринку збуту доводиться опосередковано — через аналіз діяльності конкурентів тощо. Приймати рішення про розмір асигнувань у рекламу доводиться як підприємствам, які вже мають досвід подібної діяльності, так і підприємствам, які такий досвід лише починають формувати. Часто вибір розміру асигнувань у рекламу зумовлюється особистісними переконаннями особи, яка приймає рішення. Отже, з достатньою впевненістю можна стверджувати, що різноманітність чинників, які впливають на вибір методу визначення розміру бюджету рекламування, здебільшого мають суб'єктивну природу. Для вирішення задач, яким притаманна частка суб'єктивізму, найкраще підходять методи, застосування яких ґрунтується на опитуванні та подальшому аналізі думки експертів [6, 5].

Найпоширенішим методом опитування думки експертів є застосування методу попарних порівнянь альтернатив, серед яких потрібно зробити вибір. У даному випадку під вибором альтернативи розуміється вибір одного з можливих методів визначення розміру рекламного бюджету. З умов задачі очевидно, що вибір може бути зроблений лише у бік лише одного з методів, а отже потрібно обрати одну найкращу, на думку експертів, альтернативу. Експертний вибір найкращої альтернативи можна здійснити різноманітними способами, наприклад такими, які описані у [1]. Одним з найкращих, з точки зору всебічного урахування думки експертів, є метод визначення медіани Кемені-Снелла, який описано у [2]. Даний метод відноситься до методів аналізу, що використовують концепцію оцінок уподобань за перевагами, які визначають експерти через попарне порівняння альтернатив. Важливою особливістю даного методу є можливість знайти найкраще рішення за два кроки. На першому кроці обирається найхарактерніша думка серед усіх оцінок, які надали експерти. На другому кроці, маючи найхарактернішу думку експертів, визначається той варіант, якому віддається перевага у здійсненні найкращого вибору методу визначення розміру бюджету рекламування.

Висновки та пропозиції. Вибір найкращого методу серед різноманітності підходів до визначення розміру рекламних бюджетів є задачею вибору альтернатив. Здійснення зазначеного вибору вимагає дослідження передумов вибору — специфіки діяльності ре-

кламодавця, наявних можливостей оцінювання складу ринкової кон'юнктури, наявності досвіду раніше проведених рекламних кампаній, систематизація особливостей альтернатив тощо. В умовах наявності суб'єктивних суджень, які впливають на процес вибору найкращої альтернативи серед можливих варіантів визначення рекламного бюджету, одним з дієвих способів вирішення поставленої задачі є застосування методів експертного оцінювання можливих варіантів. У свою чергу, схема застосування такого підходу та результати, які можна отримати на його основі, є підґрунтям до вирішення суміжних задач рекламування: ефективного залучення каналів розповсюдження рекламних повідомлень; оптимального розподілу рекламного бюджету за напрямками рекламування; планування виконання заходів рекламних кампаній тощо.

Бібліографічні посилання

1. Айзерман М. А., Алескерев Ф. Т. Выбор вариантов. Основы теории. Москва, Наука, 1990. 240 с.
2. Кемені Д. Г., Снелл Д. Л. Кибернетическое моделирование. Некоторые приложения. Москва, Советское радио, 1972. 192 с.
3. Ламбен Ж. Стратегический маркетинг: европейская перспектива. Санкт-Петербург: Наука, 1996. 589 с.
4. Макиенко И. Методы определения рекламного бюджета компании // Маркетинг в России и за рубежом. 2003. 2. URL: <http://www.mavriz.ru/articles/2003/2/89.html>.
5. Орлов А. И. Методы принятия управленческих решений. Москва, КНОРУС, 2018. 286 с.
6. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование. В трёх частях. Часть 2. Экспертные оценки. Москва, Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. 496 с.
7. Песиков Э. Б., Фомичев М. Б. Современные методы определения эффективного рекламного бюджета. Москва: Print & Publishing, 1998. С. 46-51.
8. Уеллс У., Бернет Д., Мориарти С. Реклама. Принципы и практика. Санкт-Петербург, Питер, 1999. 736 с.
9. Clarke D. G. Econometric measurement of the duration of advertising effect on sales // Journal of Marketing Research. 1976. Vol. 13(4). pp. 345-357. DOI: <https://doi.org/10.2307/3151017>.
10. Danaher P. J., Rust R. T. Determining the optimal level of media spending // Journal of Advertising Research. 1994. Vol. 34(1). pp. 28-35.
11. Dorfman R., Steiner P. Optimal advertising and optimal quality // The American Economic Review. 1954. Vol. 44(5). pp. 826-836.
12. Lambin J. Measuring the Profitability of Advertising: An Empirical Study // The Journal of Industrial Economics. Wiley, 1969. Vol. 17(2). pp. 86103. DOI: <https://doi.org/10.2307/2097764>.

13. Little J. D. C. Feature article. Aggregate advertising models: the state of the art // Operations research. Maryland (USA): 1979. Vol. 27(4). pp. 629-667. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.27.4.629>.

14. Nerlove M., Arrow K. J. Optimal advertising policy under dynamic conditions // *Economica*. 1962. pp.129-142. DOI:<https://doi.org/10.2307/2551549>.

15. Vidale M. L., Wolfe H. B. An operations-research study of sales response to advertising // Operations research. 1957. Vol. 5(3). pp. 370-381. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.5.3.370>.

Статтю подано до редакції 27.10.2020

УДК: 65.012.8

DOI 10.33111/mise.99.2

Бегун А. В., к.е.н.,
професор кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
Плахтій М.О., к.е.н.,
засновник компанії «Karabas.com»,
Осипова О. І., к.е.н.,
доцент кафедри економіко-математичного моделювання,
Урденко О. Г.,
аспірант кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Biehun A. V., PhD in Economics,
Professor of the Computer Mathematics and Information Security Department,
Plakhtiy M.O., PhD in Economics,
Founder of company «Karabas.com»,
Osyrova O. I., PhD in Economics,
Associate Professor of the Economic and Mathematical Modelling
Department,
Urdenko O. G., Postgraduate Student of the
Computer Mathematics and Information Security Department
SHEI KNEU named after V. Hetman

ОГЛЯД КЛЮЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРЕНДІВ ПРОДАЖУ КВИТКІВ НА ВИДОВИЩНІ ЗАХОДИ

OVERVIEW OF KEY TECHNOLOGICAL TRENDS OF TICKET SALES AT SPECTACULAR EVENTS

Анотація. Продаж квитків сьогодні є не просто одним з етапів підготовки до видовищного заходу, але багатограним і трудомістким процесом. І справа не тільки в мінливих перевагах аудиторії і вимогливості сучасного глядача. Стрімко розвиваються технології, способи прийому платежів і організації видовищного заходу, що створює нові виклики для всіх учасників ринку і ставить перед ними все складніші завдання.

Особливо помітні технологічні зміни на ринку квитків на видовищні заходи. Паперові квитки на видовищні заходи поступово зникають. Електронні квитки хоча і користуються зараз найбільшою популярністю, незабаром можуть бути успішно замінені іншими інноваційними видами квитків. Серед основних технологічних трендів, що матимуть найбільший вплив на квиткову індустрію виділяють: використання смартфонів, смарт-годинників, мобільний тікетинг; технологію блокчейн і смарт-контракти; біометрична ідентифікація, зокрема за допомогою відбитків пальців і розпізнавання обличчя. Кожна із цих технологій покликана значно зменшити дві основні проблеми квиткового ринку — нерегульованість вторинного ринку та шахрайства, істотно підвищити захист квитка від підробки та несанкціонованого використання, а також зробити відвідування видовищних заходів безпечнішим і зручнішим для клієнтів.

Проте ступінь проникнення та адаптації вищезазначених технологій у квиткову індустрію є різним. У даному дослідженні, що носить оглядовий характер, авторами на основі аналізу наукових та інтернет-джерел, ознайомлення з досвідом світових компаній-лідерів квиткової індустрії зроблено спробу систематизувати знання щодо новітніх технологій продажу квитків на видовищні заходи, що дозволило дійти до таких висновків. Для адаптації до технологічних змін у найближчі роки в квитковій індустрії організаторам і посередникам на ринку видовищних заходів у першу чергу необхідно звернути увагу на технологію мобільного тікетингу: дана технологія є найбільш вивченою, зручною для впровадження та пропонує низку переваг для всіх учасників квиткової індустрії. Розповсюдження смартфонів із вбудованим сканером відбитків пальців робить можливим поєднання технології мобільного тікетингу та біометричної ідентифікації, що дозволить суттєво спростити купівлю квитків, прохід на видовищні заходи та значно підвищити рівень захисту квитків від підробки та несанкціонованого використання. В перспективі потужнішими технологіями, що зможуть суттєво змінити квиткову індустрію, є технології блокчейн та розпізнавання обличчя. Проте в найближчі кілька років через недостатню вивченість, необхідність доопрацювання цих технологій і високу вартість їх впровадження, ці технології не набудуть широкого розповсюдження для продажу квитків на видовищні заходи, принаймні на українському ринку видовищних заходів.

Ключові слова: квитки на видовищні заходи; мобільний тікетинг; блокчейн; біометрична ідентифікація.

Abstract. Ticket sales today are not just one of the stages of preparation for a spectacular event, but a multifaceted and time-consuming process. And it's not just the changing preferences of the audience and the demands of the modern audience. Rapidly evolving technologies, methods of receiving payments and organizing a spectacular event, which creates new challenges for all market participants and poses increasingly difficult challenges.

Technological changes in the market of tickets for entertainment events are especially noticeable. Paper tickets to entertainment events are gradually disappearing. Although e-tickets are now the most popular, they may soon be successfully replaced by other innovative types of tickets. Among the main technological trends that will have the greatest impact on the ticket industry are: the use of smartphones, smart watches, mobile ticketing; blockchain technology and smart contracts; biometric identification, in particular through fingerprints and face recognition. Each of these technologies is designed to significantly reduce the two main problems of the ticket market — unregulated secondary market and fraud, significantly increase the protection of the ticket from counterfeiting and unauthorized use, as well as make attending entertainment events safer and more convenient for customers.

However, the degree of penetration and adaptation of the above technologies in the ticket industry is different. In the research, the authors based on the analysis of scientific and Internet sources, acquaintance with the experience of world leaders in the ticket industry, tried to systematize knowledge about the latest technologies for selling tickets to entertainment events, which led to such conclusions. To adapt to technological changes in the coming years in the ticket industry, organizers and intermediaries in the entertainment market must first pay attention to mobile ticketing technology: this technology is the most studied, easy to implement and offers a number of benefits for all participants in the ticket industry. The proliferation of smartphones with a built-in fingerprint scanner makes it possible to combine mobile ticketing technology and biometric identification, which will greatly simplify the purchase of tickets, access to entertainment events and significantly increase the level of protection of tickets against counterfeiting and unauthorized use. In the future, more powerful technologies that can significantly change the ticket industry are blockchain technology and face recognition. However, in the next few years, due to insufficient study, the need to refine these technologies and the high cost of their implementation, these technologies will not become widespread for the sale of tickets for entertainment events, at least in the Ukrainian entertainment market.

Keywords: tickets for entertainment events; mobile ticketing; blockchain; biometric identification.

Продаж квитків на видовищні заходи є важливою та невід'ємною складовою індустрії розваг. Спортивні фанати, поціновувачі музики та театральні любителі з кожним роком витрачають усе більше грошей, щоб придбати та побачити на власні очі улюблену виставу або матч. Так, за даними [1], лише протягом 2017 року сумарні витрати на розваги зросли на 10 % у порівнянні з 2016 роком, і за прогнозами аналітиків така тенденція буде зберігатись протягом найближчих років. Сьогодні індустрія квитків на видовищні заходи є основою багатьох спортивних і музичних франшиз, а її вартість оцінюється в 10,5 млрд дол. [1].

За останнє десятиріччя ринок квитків на видовищні заходи істотно оновився, причому як у плані появи нових гравців, так і проникненні нових технологій. Особливо відчутним у квитковій індустрії стало зростання продажів через Інтернет і перехід від паперових до цифрових квитків. Очікується, що до 2025 року розмір світового ринку з продажу он-лайн квитків на видовищні заходи сягне 67,99 млрд дол. США. Зростаючий попит на онлайн-квитки можна пояснити збільшенням доступу до Інтернету та загальним досвідом безпроблемних процедур бронювання цих квитків. Сьогодні основні постачальники квитків зосереджуються на розробці мобільних додатків і створення веб-сайтів, зручних для клієнтів, щоб полегшити швидкі та легкі транзакції з електронними квитками. Такі програми дозволяють клієнтам отримувати

доступ до всіх типів інформації про подію, ціни на квитки, розкладки місць та іншої відповідної інформації [2].

І хоча електронні квитки впевнено витісняють традиційні паперові квитки, суттєво полегшуючи процес купівлі квитків і відвідування видовищного заходу та значно знижуючи ризики шахрайства в порівнянні з паперовими квитками, деякі проблеми все ще залишаються актуальними:

- недобросовісні продавці знімають скріншоти або ксерокопії електронних квитків, які потім кілька разів продають не підозрюючим жертвам;

- організаторам бракує контролю та доступу за вторинними ринками, що в свою чергу робить можливим перепродаж квитків за завищеними цінами;

- централізовані платформи для продажу квитків вразливі до атак, піддаючи особисті дані покупців ризику.

Також варто сказати, що ринок квитків на видовищні заходи активно змінюється під впливом загальної цифрової трансформації: новітні технології пропонують всім учасникам квиткового ринку все більше інноваційних рішень, що покликані зробити купівлю-продаж квитків і відвідування видовищних заходів максимально комфортними, доступними та безпечними. Це означає, що кожен, хто працює на ринку квитків на видовищні заходи, повинен розуміти ключові технологічні тренди в сфері продажу квитків та ефективно адаптуватися до змін на ринку квиткових рішень, обираючи для себе та своїх клієнтів найприйнятнішу технологію продажу квитків.

Метою даної роботи є огляд та систематизація знань щодо новітніх технологій продажу квитків на видовищні заходи. Відповідно до мети автори поставили перед собою такі завдання: розглянути ключові технологічні тренди квиткової індустрії у сфері продажу квитків, проаналізувати їх ефективність, надійність і безпеку, вартість і складність впровадження, зручність для клієнтів тощо та на основі проведеного огляду оцінити перспективи широкого впровадження кожної із розглянутих технологій у квиткову індустрію.

Фахівці, що займаються проблемами квиткової індустрії, виділяють такі основні тренди в сфері продажу електронних квитків на видовищні заходи, що вже мають або матимуть незабаром найбільший вплив у квитковій індустрії [1-3]:

- 1) використання смартфонів, смарт-годинників, мобільний тікетинг;

- 2) блокчейн і смарт-контракти;

- 3) біометрія: відбитки пальців;

4) біометрія: розпізнавання обличчя.

Розглянемо докладніше особливості, переваги та недоліки кожної технології для продажу квитків на видовищні заходи.

1. Використання смартфонів, смарт-годинників, мобільний тікетинг. Зрозуміла і вже досить поширена технологія — зростання продажів квитків через мобільні пристрої пропорційне зростанню популярності смартфонів. Другим вагомим фактором зростання популярності мобільних квитків є стрімкий розвиток он-лайн платежів в Інтернеті, зокрема мобільного банкінгу. За даними [3], в 2019 році онлайн-продаж квитків зі смартфонів збільшився на 30 %, і ця цифра буде рости, хоча і не так швидко, як раніше. Для ринку квитків на видовищні заходи це свідчить про те, що в пріоритеті в організаторів будуть ті квиткові оператори, які працюють над розвитком мобільних версій своїх сайтів і забезпечують прохід на видовищний захід за допомогою електронного квитка на мобільному пристрої.

Для проходження на захід за допомогою електронного квитка, що збережений на мобільному пристрої, використовуються технології NFC (ближній безконтактний зв'язок) або Bluetooth Smart. Дані технології дозволяють двом пристроям спілкуватися бездротово, коли вони знаходяться на певній невеликій відстані один від одного [4].

Успішним прикладом реалізації концепції мобільних квитків є цифрові квитки нового покоління «SafeTix», випущені світовим гігантом з продажу електронних квитків Ticketmaster у 2019 році. Квитки «SafeTix» прив'язані до мобільного пристрою власника квитка за допомогою зашифрованого штрих-коду, який автоматично оновлюється кожні кілька секунд. Квитки також підтримують технологію NFC, що дозволить відвідувачам входити в концертні зали та спортивні стадіони за допомогою функції «натисни і працюй» [5].

Також компанія Ticketmaster спільно зі стартапом Lisnr наразі працює над проектом під назвою Presence («Присутність»), який дозволить використовувати ультразвуковий хвилі з мобільного телефону в якості квитка на будь-який захід. Щоб потрапити на захід власник ультразвукового квитка повинен буде на вході обмінятися інформацією зі свого смартфона зі сканером, який підтвердить особу відвідувача. Революційність даного типу квитків полягає в тому, що за словами розробників, метод не потребує доступу в інтернет, використання Bluetooth або NFC, і при цьому повинен прискорити процес пропуску відвідувачів на захід. Щоб забезпечити роботу такої квиткової системи необ-

хідний смартфон, а також спеціальний сканер для аналізу випромінюваних пристроями ультразвукових хвиль. За прогнозами компанії Ticketmaster, готова версія продукту з'явиться у 2021 році [6].

Мобільні квитки надають багато переваг, зокрема [6]:

1) вища безпека в порівнянні з паперовими квитками: мобільні квитки, що зберігаються в електронних гаманцях, додатково захищені парою мікросхем, яку використовує гаманець, і яка здійснює доступ і шифрує інформацію, і чіп NFC, який передає інформацію;

2) швидке розпізнавання: сканер квитків швидко ідентифікують мобільні пристрої та квитки. Це означає, що прохід на захід з мобільним квитком буде швидшим у порівнянні з паперовими квитками;

3) захист даних: за допомогою шифрування або токенизації дані користувачів і сам квиток захищені від шахрайства;

4) унікальна ідентифікація: кожен електронний квиток на смартфоні має однозначну нумерацію, і тому перепродаж квитків може бути ретельно відстеженим;

5) швидкий прохід на видовищний захід: безконтактні квитки працюють через сумки, гаманці та практично будь-який інший тип контейнерів, що означає, що черги рухаються швидше, а відвідувачі заходу швидше дістаються до концертного залу чи спортивного майданчика;

6) зниження витрат на обслуговування: Безконтактні зчитувачі не мають рухомих деталей, і тому вони піддаються меншому напруженню з часом. Оскільки не потрібно сканувати чи торкатися іншого пристрою, вони просто зчитують тег NFC, який запрограмований для них на правильній відстані і може працювати без допомоги людини.

Потенційними проблемами та обмеженнями мобільних квитків, які повинні вирішити організатори заходів, є:

1) акумулятор та зарядка мобільних пристроїв. Хоча термін служби акумулятора смартфонів значно покращився, деякі відвідувачі можуть стикнутись з проблемою розрядженого телефону, тому на концертних майданчиках і стадіонах необхідно передбачити місця для зарядки мобільних пристроїв;

2) зв'язок. Телефони та функціонування більшості їх додатків також залежать від хорошого зв'язку. Якщо в місці проведення події немає підключення до Інтернету, можуть виникнути проблеми зі скануванням квитків;

3) загублені та зламані телефони;

4) клієнти, які не користуються смартфоном. Введення квитків лише для мобільних пристроїв може стати суттєвим обмеженням для відвідування видовищного заходу особами, що не використовують смартфон.

Проте незважаючи на існування певних недоліків та обмежень, безконтактне оформлення квитків пропонує безліч переваг для майданчиків, організаторів заходів і клієнтів і обіцяє допомогти продавцям квитків запобігти шахрайству, підвищивши безпеку квитків.

2. Блокчейн і смарт-контракти. Квиткова індустрія — одна з тих, де технології розподіленого реєстру будуть украй затребувані: блокчейн дозволяє вирішити проблему з перекупниками і шахрайством, підвищуючи прозорість і безпеку індустрії до максимально можливого рівня [7].

Сьогодні використання технології блокчейн і смарт-контрактів на основі цієї технології у квитковій індустрії знаходиться тільки на етапі зародження, проте, на думку багатьох експертів галузі [3, 8], найближчим часом переваги блокчейну будуть повністю усвідомлені. Так, на світовому ринку квитків на видовищні заходи сьогодні як компанії-лідери з продажу квитків, так і молоді стартапи активно займаються розробкою нового покоління квитків на основі блокчейну. У кінці 2019 року компанія Ticketmaster оголосила про роботу над квитками на основі смарт-контрактів. Умови угоди між покупцем і продавцем у таких квитках записані в вигляді рядків коду. Код і угоди, що містяться в смарт-контрактах, існують у мережі блокчейн, що робить транзакції відстежуваними і незворотними [9].

У 2017 році лондонський стартап Aventus оголосив про розробку блокчейн-рішення для запобігання підробки квитків і спекуляції на них. Запропоноване компанією Aventus рішення дозволяє безпечно передавати і перепродувати квитки з обмеженою націнкою, що допоможе уникнути шахрайства та встановити особу кінцевого користувача. Така технологія особливо затребувана в світі терористичних загроз останнього часу, оскільки додає додатковий захист для відвідувачів подій. Aventus зможе майже повністю виключити можливість спекулювання на перепродажі квитків. Лімітована версія таких квитків уже була продана та показала свою ефективність і зручність [10].

Технологія блокчейн надає такі переваги учасникам ринку квитків на видовищні заходи [11-13]:

1) запобігання шахрайству та спекуляції квитками: наразі розповсюдженою є практика придбання квитків на первинних рин-

ках з метою їх подальшого перепродажу за завищеними цінами на вторинному ринку. Середній покупець перепроданого квитка на концерт або музичний фестиваль платить щонайменше на 49 % більше, ніж його початкова вартість. Квитки, що працюють на основі технології блокчейну, зможуть вирішити проблему спекуляції на вторинному ринку.

Крім того, сьогодні недобросовісні учасники ринку можуть купувати великі партії квитків, як тільки вони надходять у продаж і перепродавати за завищеними цінами. У системах, що використовують блокчейн, організатори можуть встановлювати чіткі правила щодо перепродажу квитків, навіть встановлюючи обмеження на вторинні комісії з продажу;

2) детальна історія платіжних операцій: менеджери подій знають особу власників квитків і бачать усі попередні транзакції, що дозволяє їм бачити, чи проданий квиток і за якою ціною;

3) отримання вичерпної інформації про клієнта. Технологія оформлення квитків на блокчейн надає організаторам заходів майже миттєву перевірку посвідчення особи. Це означає, що організатори заходів точно знатимуть, хто відвідує їх заходи, збираючи неоціненну аналітику даних для майбутніх маркетингових цілей.

До недоліків зарахуємо таке [14, 15]:

1) недостатня вивченість технології блокчейн. Хоча є докази, що блокчейн невдовзі стане невід'ємною частиною квиткової індустрії, ця технологія є ще на ранніх стадіях застосування. Тому тільки після практичного використання даної технології можна буде зробити остаточні висновки про її успішність та ефективність на ринку квитків на видовищні заходи;

2) деякі технічні проблеми. Наприклад, розмір бази даних, адже база даних про всіх проведених операціях повинна бути у кожного учасника. Також немає точних відомостей про максимальну кількість користувачів, яких система може обслужити;

3) може викликати відмову від послуг третіх сторін, що не дуже тішить квиткових операторів та інших посередників;

4) передача квитків усе ще можлива. Ніщо не заважає власнику продати квиток, який зберігається в блокчейн, але, принаймні, за допомогою технології організатор заходу буде знати, що транзакція відбулася. Розумний контракт може обмежувати ціну, сплачену за перепродаж, але він не може перешкоджати перепродажу квитка.

Крім того, продаж квитків на основі блокчейну є оптимальним варіантом не для всіх видовищних заходів. Для того щоб отрима-

ти максимальну віддачу від використання технології блокчейн, необхідно щоб запланований захід відповідав наступним критеріям [16]:

- видовищний захід користуються великим попитом;
- видовищний захід характеризується великим потенціалом перепродажу квитків;
- організатори заходу хочуть контролювати того, хто отримує доступ для повторного продажу квитків;
- критично необхідно, щоб платформа продажу квитків могла безвідмовно працювати, коли багато клієнтів одночасно намагаються придбати квитки .

Можна резюмувати, що в будь-якому випадку блокчейн за замовченням передбачає прозорість і швидкість угоди, а також скорочення числа посередників на ринку. Це, до речі, швидше виклик саме для первинного, а не вторинного ринку. Багато квиткових блокчейн-стартапів припускають, що будь-який бажаний може випустити і продати квитки: артисти, промоутери і т. д., тому як мінімум у цій схемі відсутні квиткові оператори [16].

3. Біометрія: відбитки пальців. Біометрія усе впевненіше стає частиною нашого повсякденного життя. Усе з простої причини: дозволяючи використовувати власний організм для ідентифікації себе, біометричні дані поєднують безпеку та зручність так, як не може поєднати жодна інша технологія [17].

У квитковій індустрії біометрика виключає необхідність зберігати фізичну або цифрову копію квитків під час відвідування видовищних заходів. Від часу реєстрації та придбання квитка до аутентифікації особи на заході ідентифікація власника квитка буде здійснюватися за допомогою використання біометричної технології. Весь процес перевірки особи, яка тримає квиток, за допомогою приладів, що зчитують біометричні дані для ідентифікації, займає менше секунди. Також використання біометричної ідентифікації практично унеможливило підробку та шахрайство із квитками [18].

Для біометричної ідентифікації особи використовуються відбитки пальців, розпізнавання голосу, сітківка роговиці, розпізнавання обличчя. В даному пункті основну увагу зосередимо на використанні відбитків пальців. Це пояснюється тим, що серед усіх біометричних технологій розпізнавання відбитків пальців набуло найбільшого розповсюдження завдяки простоті у використанні, високій безпеці, економності. Сканери відбитків пальців також усе частіше вбудовуються у смартфони, що робить процес купівлі квитків і реєстрації на події ще безпечнішим, зручнішим і швидшим. Також позитивним є те, що завдяки зростанню вико-

ристання сканерів відбитків пальців, апаратне забезпечення стає доступнішим.

Починаючи з 2018 року Вища ліга бейсболу США спільно зі стартапом «Clear» започаткували практику продажу біометричних квитків на спортивні заходи. Для проходження на стадіон власники квитків можуть скористатися відбитками пальців і, поки що в поодиноких випадках, навіть розпізнаванням обличчя. Як показала дворічна практика використання таких квитків, організаторам удалося забезпечити вищий рівень безпеки своїх квитків і зробити процес проходження на стадіон швидшим у порівнянні з традиційними або мобільними квитками [19].

Основними перевагами використання біометричних технологій у квитковій індустрії можна назвати [20, 21]:

1) унікальність підпису або ідентифікатора. Також більшість біометричних даних просто неможливо підробити. Це суттєво підвищує безпеку таких квитків і мінімізує ризики шахрайства;

2) біометрика зручна для людей, які ними користуються. Ця технологія беззаперечно є найзручнішим способом потрапити на подію для відвідувачів. Замість запам'ятовування вичерпного списку паролів або перенесення певної паперової документації для підтвердження своєї ідентичності відвідувачу просто необхідно надати дані свого тіла;

3) точність ідентифікації. Наприклад, останнім комплексним дослідженням технології відбитків пальців було встановлено, що тести одним пальцем були правильними в 98,6 %, при цьому тести двома пальцями отримували точність 99,6 %;

4) вартість. Хоча витрати на створення біометричної системи можуть бути дорогими, довгострокові витрати на управління значно нижчі, ніж у звичайних систем. Компанії можуть значно економити на оформленні як паперових, так і електронних документів і уникати практично всіх витрат на скидання пароля. Крім того, якщо біометричні дані запобігають будь-яким додатковим шахрайствам або зловживанням, це рятує компанію від збитків внаслідок шахрайських дій;

5) біометрична технологія позбавлена недоліків мобільного тікетингу. Якщо квиток зберігається в мобільному телефоні, але батарея телефону розряджена, телефон пошкоджено або втрачено, то цифровий квиток на смартфоні не приносить користі.

Слабкими сторонами біометричної технологій для квиткової індустрії є [21, 22]:

1) обмеження пристрою. На даний момент найзручнішим і портативним пристроєм для біометричної ідентифікації є смартфон,

але смартфон має обмеження. У нього невелика область сканування відбитків пальців, тому він знімає лише частковий відбиток пальця, що в свою чергу знижує надійність і захищеність такої ідентифікації;

2) системні обмеження. Біометрика все ще покладається на бази даних, а бази даних є вразливими. Вже близько половини облич американців зберігаються в масових базах даних ФБР; але немає можливості гарантувати безпеку цих баз даних. Якщо хтось зможе зламати систему, він отримає доступ до приватних даних громадян, які можуть бути використані для маніпулювання мільйонами облікових записів;

3) співвідношення вартості та безпеки пристроїв для розпізнавання біометричних даних. Вартість і безпека — це найбільший компроміс, коли виникає питання вибору пристрою для зчитування відбитків пальців. Ємнісний датчик забезпечує кращу безпеку при високій ціні, тоді як з оптичними датчиками безпека певною мірою може бути порушена, але такі датчики характеризуються нижчою ціною. Очікується, що зі зростанням попиту на біометрію в різних секторах, у тому числі в галузі управління подіями, ціни на біометричні апаратні та програмні засоби знижуватимуться з одночасним підвищенням їх безпеки. Тому за кілька років цей недолік може бути усунений.

5. Біометрія: розпізнавання обличчя. В теорії розпізнавання обличчя є найзручнішою та найефективнішою технологією в індустрії розваг: квиток надійно захищений біометричними даними обличчя покупця, а для проходження на захід відвідувачу необхідно просто пройти біля сканера, жодних додаткових способів підтвердження наявності квитка непотрібно. Проте на практиці розпізнавання обличчя ще не набуло широкого поширення. Можливо, це пов'язано з недостатнім розвитком цієї технології і протягом 5-10 років подолати цієї технології буде усунено. Проте сьогодні широке впровадження розпізнавання обличчя в квитковій індустрії обмежене такими факторами:

1) хоча це правда, що мобільні пристрої все частіше оснащуються функцією розблокування обличчям, якщо мова йде про розпізнавання обличчя в індустрії подій, існує проблема захисту і збереження конфіденційних біометричних даних відвідувачів. Наразі забезпечення надійного захисту системи коштує дуже дорого, і саме тому вважається, що ця технологія поки що не отримує широкого поширення серед квитків і сайтів подій;

2) можливість підробки. Як не дивно це звучить, але система розпізнавання обличчя виявилась вразливою до шахрайських дій.

В ході нещодавно проведеного експерименту у двох випадках дослідникам вдалося обдурити систему розпізнавання обличчя платіжних терміналів AliPay і WeChat у магазинах Китаю, одягнувши на своє обличчя якісну тривимірну маску. В обох випадках система ідентифікувала маску як особу користувача та дозволяла здійснити покупку. Аналогічним чином дослідник зміг подолати турнікет з системою розпізнавання облич на одному з вокзалів [22].

Успішний приклад змогла продемонструвати компанія Blink Identity, яка використовує розпізнавання обличчя для допуску на різні події відвідувачів без квитка — процедура триває менше секунди. Правда, щоб ця технологія працювала, потрібно відповідним чином обладнати стадіони і концертні зали. Крім того технологія розпізнавання обличчя вимагає відповідних умов освітлення в місцях встановлення сканерів [23].

Додатковою перевагою такої технології в індустрії розваг є можливість розпізнавання емоцій відвідувачів, що надаватиме організатором вичерпну інформацію про ступінь задоволення відвідувачів видовищних заходів.

Однак в цілому можна сказати, що на сьогодні технологія розпізнавання обличчя занадто дискредитована та потребує суттєвого доопрацювання, щоб широко використовуватись у галузі, принаймні, найближчим часом [24].

Висновки

Продаж квитків сьогодні є не просто одним з етапів підготовки до видовищного заходу, але багатограним і трудомістким процесом. І справа не тільки в мінливих перевагах аудиторії і вимогливості сучасного глядача. Стрімко розвиваються технології, способи прийому платежів і організації видовищного заходу, що створює нові виклики для всіх учасників ринку і ставить перед ними все більш непрості завдання.

Особливо помітні зміни на ринку квитків на видовищні заходи: новітні технології пропонують всім учасникам квиткового ринку все більше інноваційних рішень, що покликані зробити купівлю-продаж квитків і відвідування видовищних заходів максимально комфортними, доступними та безпечними. Це означає, що кожен, хто працює на ринку квитків на видовищні заходи, повинен розуміти ключові технологічні тренди в сфері продажу квитків та ефективно адаптуватися до змін на ринку квиткових рішень, обираючи для себе та своїх клієнтів найприйнятнішу технологію продажу квитків.

Ключовими тенденціями у сфері продажу квитків на видовищні заходи є:

1) загальне зростання добробуту населення дозволяє людям більше витратити на розваги та частіше відвідувати видовищні заходи. Як наслідок, індустрія розваг і супроводжуючий її ринок квитків на видовищні заходи зростає;

2) організатори видовищних заходів мають швидко пристосовуватись до зростаючого попиту на ринку та стрімких технологічних змін;

3) паперові квитки на видовищні заходи поступово зникають. Електронні квитки хоча і користуються зараз найбільшою популярністю, незабаром можуть бути успішно замінені іншими прогресивнішими видами квитків. Серед основних технологічних трендів, що матимуть найбільший вплив на квиткову індустрію, виділяють: використання смартфонів, смарт-годинників, мобільний тікетинг; технологію блокчейн і смарт-контракти; біометрична ідентифікація, зокрема за допомогою відбитків пальців і розпізнавання обличчя. Кожна з цих технологій покликана значно зменшити дві основні проблеми квиткового ринку — нерегульованість вторинного ринку та шахрайства, істотно підвищити захист квитка від підробки та несанкціонованого використання, а також зробити відвідування видовищних заходів безпечнішим і зручнішим для клієнтів.

Проте ступінь проникнення та адаптації вищеназваних технологій у квиткову індустрію є різним. Мобільні квитки вже набули популярності протягом останніх років. Дана технологія є найбільш вивченою, доступною, пропонує безліч переваг для майданчиків, організаторів заходів і клієнтів і допомагає продавцям квитків запобігти шахрайству, підвищивши безпеку квитків.

Щодо використання технології блокчейну та смарт-контрактів можна сказати, що в будь-якому випадку дана технологія за замовченням передбачає прозорість і швидкість угоди, можливість контролювати вторинний ринок, а також скорочення числа посередників на ринку. Це, до речі, швидше виклик саме для первинного, а не вторинного ринку. Багато квиткових блокчейн-стартапів припускають, що будь-який бажаний може випустити і продати квитки: артисти, промоутери і т. д., тому як мінімум у цій схемі відсутні квиткові оператори. Єдиною перешкодою для повноцінного впровадження блокчейну в квиткову індустрію є недостатня вивченість цієї технології, як наслідок, дещо упереджене ставлення до неї учасників ринку квитків на видовищні заходи.

Перспективною у квитковій індустрії також є біометрія. Використання біометричної ідентифікації практично унеможливило підробку та шахрайство із квитками, крім того прохід на видо-

вищі заходи для відвідувачів є дуже простим та займає кілька секунд. Розповсюдження смартфонів з вбудованим сканером відбитків пальця також забезпечує безпечний і простий механізм придбання квитків. Якщо ж говорити про використання технології розпізнавання обличчя, то в цілому можна сказати, що на сьогодні ця технологія, хоча і гарантує відвідувачам найпростіший спосіб проходу на видовищний захід, є занадто дискредитована та потребує суттєвого доопрацювання, щоб широко використовуватись у галузі, принаймні найближчим часом.

Отже, для адаптації до технологічних змін у найближчі роки в квитковій індустрії організаторам і посередникам на ринку видовищних заходів у першу чергу необхідно звернути увагу на технологію мобільного тікетингу: дана технологія є найбільш вивченою, зручною для впровадження та пропонує низку переваг для всіх учасників квиткової індустрії. Розповсюдження смартфонів із вбудованим сканером відбитків пальців робить можливим поєднання технології мобільного тікетингу та біометричної ідентифікації, що дозволить суттєво спростити купівлю квитків, прохід на видовищні заходи та значно підвищити рівень захисту квитків від підробки та несанкціонованого використання. В перспективі потужнішими технологіями, що зможуть суттєво змінити квиткову індустрію, є технології блокчейну та розпізнавання обличчя. Проте в найближчі кілька років через недостатню вивченість, необхідність доопрацювання цих технологій та високу вартість їх впровадження, ці технології не набудуть широкого розповсюдження для продажу квитків на видовищні заходи, принаймні на українському ринку видовищних заходів.

Бібліографічні посилання

1. The Future of the Ticketing Industry: A Driver of Entertainment. URL: <https://ticketflipping.com/blog/the-future-of-the-ticketing-industry-a-driver-of-entertainment/> (дата звернення 05.09.2020).

2. The Global Market for Online Event Ticketing (2018-2025): A ~\$68 Billion Opportunity by 2025 — ResearchAndMarkets.com. URL: <https://www.businesswire.com/news/home/20190430005568/en/Global-Market-Online-Event-Ticketing-2018-2025-68> (дата звернення 05.09.2020).

3. Билетный рынок 2.0. URL: https://ticketingforum.ru/files/digest/MTF_digest_2019.pdf (дата звернення 05.09.2020).

4. Contactless Ticketing: Is It Worth It? .URL: <https://softjour.com/insights/contactless-ticketing-is-it-worth-it> (дата звернення 07.09.2020).

5. Ticketmaster puts an end to screenshots with new digital ticket technology. URL: <https://techcrunch.com/2019/05/16/ticketmaster-put-an-end-to-screenshots-with-new-digital-ticket-technology/> (дата звернення 05.09.2020).

6. Ticketmaster будет использовать технологию ультразвуковых билетов. URL: https://infostart.ru/journal/news/tehnologii/ticketmaster-budet-ispolzovat-tehnologiyu-ultrazvukovykh-biletov_649351/ (дата звернення 03.09.2020).

7. Технология развлечений: как блокчейн меняет рынок билетов на спортивные мероприятия и концерты. URL: <https://www.forbes.ru/tehnologii/365935-tehnologiya-razvlecheniy-kak-blokcheyn-menyayet-rynok-biletov-na-sportivnye> (дата звернення 04.09.2020).

8. Blockchain Revolutionizes Ticketing. URL: <https://softjourn.com/blog/article/blockchain-revolutionizes-ticketing> (дата звернення 04.09.2020).

9. Ticketmaster хочет использовать смарт-контракты для поддержки миллионов продаж билетов. URL: <https://cryptohamster.org/ticketmaster--хочет-использовать-смарт-контракт> (дата звернення 05.09.2020).

10. Блокчейн-технология для продажи билетов Aventus объявляет ICO и собирается перевернуть event-индустрию. URL: <https://ttrcoin.com/iblockcheyn-tehnologiya-dlya-prodaji-biletov-aventus-obyavlyaet-ico-i-sobiraetsya-perevernut-event-industriyu.172/> (дата звернення 06.09.2020).

11. Blockchain Revolutionizes Ticketing. URL: <https://softjourn.com/blog/article/blockchain-revolutionizes-ticketing> (дата звернення 05.09.2020).

12. Blockchain In Ticketing Solutions. URL: <https://softjourn.com/expertise/blockchain-in-ticketing> (дата звернення 05.09.2020).

13. Shaking up the Digital Ticketing Industry with Blockchain. URL: <https://labs.sogeti.com/shaking-up-the-digital-ticketing-industry-with-blockchain/> (дата звернення 05.09.2020).

14. Blockchain: solution for the black market threat to the ticketing industry. URL: https://www.secutix.com/wp-content/uploads/2017/07/White-paper_Blockchain_final.pdf (дата звернення 02.09.2020).

15. Блокчейн: преимущества и недостатки для белорусского рынка. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/214869421.pdf> (дата звернення 07.09.2020)

16. Blockchain for Ticketing: A Complete Guide. URL: <https://www.eventmangerblog.com/blockchain-ticketing> (дата звернення 05.09.2020).

17. How Biometrics Can Replace Tickets for Travel, Concerts, and Stadiums. URL: <https://keyo.co/biometric-news/how-biometrics-can-replace-tickets-for-travel-concerts-and-stadiums> (дата звернення 05.09.2020).

18. Biometric Technology for Event Management & Ticketing. URL: <https://www.gevme.com/blog/biometric-technology-event-management-ticketing/> (дата звернення 05.09.2020).

19. Major League Baseball adopts biometric ticketing. URL: <https://veridiumid.com/major-league-baseball-adopts-biometric-ticketing/> (дата звернення 05.09.2020).

20. Biometric Technology for Event Management & Ticketing. URL: <https://www.gevme.com/blog/biometric-technology-event-management-ticketing/> (дата звернення 04.09.2020).

21. Are Biometrics Good or Bad for Digital Security? URL: <https://www.informationweek.com/strategic-cio/security-and-risk-strategy/are-biometrics-good-or-bad-for-digital-security-/a/d-id/1331991> (дата звернення 05.09.2020).

22. Исследователи обманули систему распознавания лиц с помощью 3D-маски. URL: <https://3dnews.ru/999755> (дата звернення 05.09.2020).

23. Как распознавание лиц изменит самые различные индустрии URL: <https://ubr.ua/ukraine-and-world/technology/kak-raspoznavanie-lits-izmenit-samye-razlichnye-industrii-3882064> (дата звернення 06.09.2020).

24. Six Ticket Industry Trends You Need to Know for 2020. URL: <https://fienta.com/blog/ticket-industry-trends-for-2020/> (дата звернення 01.09.2020).

Статтю подано до редакції 15.09.2020

УДК: 330.341.1:004.75]:330.46]](043.3)

DOI 10.33111/mise.99.3

Ващасв С. С., кандидат економічних наук,
доцент кафедри економіко-математичного моделювання,
Камінський О. Є.,
доктор економічних наук,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Vashchaiev S. S., PhD in Economics,
Associate Professor of the Economic and Mathematical Modelling
Department,
Kaminsky O.E., Doctor of Economic Sciences,
Associate Professor of the Department of Computer Mathematics and
Information Security,
SHEI KNEU named after V. Hetman

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ГЕДОНІСТИЧНИХ ІНДЕКСІВ ЦІН ДЛЯ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

SYSTEM ANALYSIS OF HEDONISTIC PRICE INDICES FOR CLOUD COMPUTING

Анотація. Вивчення хмарних сервісів як економічних явищ є актуальним, тому що вони є вагомим ресурсом підвищення ефективності роботи підприємств і організацій. Підприємствам доцільно розробляти економіко-математичні моделі для проведення оптимізації цін та обсягів продажу хмарних сервісів, зважаючи на додаткові обмеження, у тому числі на особливості бізнес-процесів самого підприємства та на специфіку конкретної галузі. Метою статті є системний аналіз проблем ціноутворення в парадигмі хмарних обчислень та визначення ключових характеристик для розрахунку гедоністичних індексів цін на хмарні сервіси. В статті для побудови гедоністичних індексів ціни екземплярів хмарних послуг були використані функціональні та нефункціональні атрибути ціни. Під час аналізу даних були розглянуті варіативні показники для

хмарного постачальника. Отримані результати було використано для методів гедонічного ціноутворення, який передбачає виявлення залежності між ринковими цінами на хмарні продукти та їх об'єктивними характеристиками, що може бути виражено функцією. Важливість гедоністичного індексу цін полягає в тому, що він може бути використаний для визначення запропонованих цін на базі комбінації характеристик, які не були включені або були недоступні під час побудови самого індексу. Моделювання ціноутворення для хмарних послуг, за допомогою гедоністичного підходу, спроможне надавати корисну інформацію не тільки щодо цінової політики, але й щодо аспектів хмарного ринку, оскільки представлені результати також дозволяють проводити порівняльний аналіз різних хмарних провайдерів. Гедоністичні індекси цін є перспективним підходом, а використання нелінійних функціональних форм у формуванні гедоністичних індексів цін для підвищення точності індексу ціноутворення є об'єктом подальших досліджень.

Ключові слова: хмарні обчислення, хмарні сервіси, моделювання, фактори, ціноутворення, системний аналіз, гедоністичні індекси.

Abstract. The study of cloud services as economic phenomena is relevant, since they are a significant resource for increasing the efficiency of enterprises and organizations. It is advisable for enterprises to develop economic and mathematical models for optimizing prices and sales of cloud services, taking into account additional restrictions, including the specifics of the business processes of the enterprise itself and the specifics of a particular industry. The aim of the article is to systematically analyze the pricing problems in the cloud computing paradigm and to determine the key characteristics for calculating hedonic price indices for cloud services. In this article, functional and non-functional price attributes were used to construct hedonic price indices for cloud service instances. When analyzing the data, we looked at the variable metrics for a cloud provider. The results were used for hedonic pricing methods, which involves identifying the relationship between market prices for cloud products and their objective characteristics, which can be expressed as a function. The importance of the hedonic price index is that it can be used to determine proposed prices based on a combination of characteristics that were not included or were not available in the construction of the index itself. Modeling pricing for cloud services, using a hedonic approach, can provide useful information not only on pricing policy, but also on aspects of the cloud market, since the results presented also allow comparative analysis of different cloud providers. Hedonic price indices are a promising approach, and the use of nonlinear functional forms in the formation of hedonic price indices to improve the accuracy of the pricing index is an object of further research.

Keywords: cloud computing, cloud services, modeling, factors, pricing, systems analysis, hedonistic indices.

Вступ. Хмарні обчислення є принципово новою складовою цифрової економіки та вимагають поглибленого аналізу всіх своїх компонентів — організаційних, економічних, юридичних, технічних та технологічних. Вивчення хмарних сервісів як економічних явищ є актуальним, тому що вони є вагомим ресурсом підвищення ефективності роботи підприємств і організацій. Для того щоб мати можливість одержувати економічно ефективні хмарні сервіси, підприємствам доцільно розробляти економіко-

математичні моделі для проведення оптимізації цін та обсягів продажу хмарних сервісів, зважаючи на додаткові обмеження, у тому числі на особливості бізнес-процесів самого підприємства та на специфіку конкретної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ціни завжди були критичним фактором для компаній, які пропонують послуги або товари [1]. Дослідники Є. Іверотч та інші [2] проаналізували можливі набори цінових моделей, що їх використовують різні компанії, і довели, що ціна пов'язана з набором багатьох неявних аспектів моделей ціноутворення. Цей підхід допомагає у вирішенні багатьох питань, що стосуються ціноутворення між замовником і постачальником.

Типовим підходом до ціноутворення є одноразова плата за необмежений доступ. Але така модель є жорсткою і не враховує багатьох інших факторів, що впливають на ціноутворення, наприклад вік ресурсів або цінову справедливість, як наведено в роботі С. Максвелла [3].

Дослідники Р. Самімі і А. Патель у своїй науковій праці [4] провели аналіз моделей ціноутворення в системах Grid і порівняли їх з тими, що використовуються в хмарних обчисленнях. Вони також визначили відмінності між Grid-системами і хмарними обчисленнями способом порівняння їх методів використання, стандартизації, віртуалізації і SLA. Проте деякі моделі ціноутворення були досліджені недостатньо для того, щоб зробити повні висновки, не буда досліджена справедливість кожної моделі — важливий фактор для аналізу й оцінювання моделей ціноутворення.

Дослідники Дж. Рохітратан і Дж. Альтман у роботі [7] проаналізували чотири динамічні схеми ціноутворення: повторення похідної ціни (DF), обумовлену попитом ціну (DD), проникнення (PN) і «знімання піни» (СК). Вони провели дослідження ринку програмного забезпечення, що дозволило розробити два типи моделей продажу ліцензованого програмного забезпечення. Ці два типи моделей — модель SaaS і «perpetual software» (PS). Було доведено, що схема ціноутворення DD ліпша в ідеальних випадках. Проте в реальному світі отримання повної інформації про клієнтів і конкурентів майже неможливе, що робить схему ціноутворення DD такою, яку важко реалізувати.

Як показують дослідження, провайдери хмарних сервісів використовують різні механізми ціноутворення, включаючи фіксовані моделі ціноутворення, динамічні моделі, модель ціноутворення на основі замовлення, контракти на замовлення послуг. Але ряд технологічних та економічних аспектів, що стосуються ціноутворення

хмарних послуг, недостатньо відпрацьовані у науковому і практичному аспектах і потребують подальших досліджень.

Постановка проблеми. Метою статті є системний аналіз проблем ціноутворення в парадигмі хмарних обчислень і визначення ключових характеристик для розрахунку гедоністичних індексів цін на хмарні сервіси.

Виклад основного матеріалу. Для системного аналізу є необхідним спочатку провести аналіз факторів, які безпосередньо чи опосередковано впливають на ціни екземплярів хмарних послуг, що встановлюються хмарними провайдерами.

У своєму дослідженні вчені С. Вейнхард та інші [8] стверджують, що хмарні обчислення можуть мати успіх на ринку ІТ тільки за умови розробки адекватних методів ціноутворення. Останні можуть бути:

фіксовані — коли клієнт оплачує однакову ціну протягом усього часу;

динамічні — коли ціна змінюється динамічно, тобто коли клієнт платить за реальний час на основі ринкових умов.

Авторами пропонується поділити моделі ціноутворення хмарних обчислень на два основні типи: статичні і динамічні. У статичних моделях ціноутворення ціна залишається незмінною після її визначення. У динамічних моделях ціноутворення ціни змінюються динамічно згідно з такими факторами, як наявність ресурсів, попит тощо. Моделі ціноутворення вимагають врахування додаткових критеріїв: справедливості, можливості реалізації, балансу співвідношення переваг і недоліків, якості обслуговування. В роботі розглянуто модель IaaS — модель, орієнтовану на інтеграцію прикладних пакетів програм всього підприємства, відповідно вибір пристроїв зберігання даних, які можуть бути або жорсткими дисками (HDD) або твердотільними накопичувачами (SSD), може призвести до змін у ціні екземпляра хмарних послуг.

Мета, яка передбачається при аналізі, полягає в тому, щоб завжди отримувати екземпляр послуг з найнижчою ціною, але за параметрами QoS, здатного задовільняти заздалегідь визначеному попиту на обчислювальні послуги. Аналіз наведено в табл. 1.

Колекція хмарних пакетів визначається функціональними та нефункціональними критеріями, що означає, що кожен пакет послуг IaaS включає такі ресурси, як пам'ять (ОЗУ), пам'ять, обчислювальне живлення (ЦП) та операційна система (ОС), які складають функціональні атрибути та окремо, набір нефункціональних ознак.

Таблиця 1

**ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЦІНУ ОДИНИЦЬ ПРОДАЖУ
ХМАРНИХ ПОСЛУГ ЗА МОДЕЛЛЮ IaaS**

Назва фактору	Характеристика
Операційна система	Вибір віртуальної машини, яка використовує операційну систему Windows або Linux, ОС може призвести до суттєвої різниці в ціні екземплярів.
Технічні вимоги	Всі вони згруповані відповідно до певних вимог до обладнання: – обсяг накопичувачів даних; – пам'ять; – кількість ядер центрального процесора; – кількість операцій центрального процесора;
Дисконтна модель	Хмарні провайдери пропонують знижки для користувачів, які придбали сервіс протягом певної кількості часу. Чим довше буде час придбання, тим більшою буде знижка на користування сервісом.
Географічне розташування постачальника	Віртуальні машини хмари розміщуються в різних частинах світу, і ціна екземпляру послуг може значно змінюватися в межах одного хмарного провайдера.
Платіжна модель	Хмарні провайдери також пропонують різні моделі ціноутворення. Наприклад, Amazon EC2 пропонує три моделі ціноутворення: On-demand, Reserved і Spot. On-demand — користувач платить відповідно до використання екземплярів, без довготривалого зобов'язання; Reserved — користувач отримує екземпляри протягом певної кількості часу і, внаслідок цього, сплачує меншу ставку використання (за годину або хвилину); Spot — користувач бере участь у певному аукціоні на невикористані обчислювальні потужності.
Період використання	Користувач може вибрати запуск додатків за різними графіками, щоб досягти зниження вартості їх віртуальної машини. У години пік ціни екземплярів мають тенденцію бути більшими або дисконтна знижка, якщо така є, може ставати нижчою. Кожен провайдер сам визначає пікові години.

Джерело: розробка авторів

Загалом прийнято, що якісні (нефункціональні) вимоги є важливими і можуть мати вирішальне значення для вибору набору послуг хмарних обчислень за моделлю IaaS. Дана категорія вимог зазвичай визначає критерії, за якими можна судити про деякі операції хмарного пакета, а не про конкретну поведінку. В наш час споживачі вимагають не тільки дешевих і повнофункціональних послуг, а й високоякісних продуктів, своєчасної доставки та забезпечення після продажного обслуговування.

Вибір хмарних сервісів IaaS є проблемою прийняття кількох критеріїв (MCDM), що включає безліч критеріїв, які можуть бути як якісними, так і кількісними [7]. Кожна нефункціональна вимога насправді є атрибутом хмарного набору IaaS.

Необхідні загальні нефункціональні параметри послуг хмарних обчислень IaaS включають безпеку, доступність, портативність, масштабованість і зручність використання, і кожен з них становить іншу категорію з відповідними атрибутами. Опис, атрибути та значення всіх цих ознак нами наведено в табл. 2.

Таблиця 2

ЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ І НЕФУНКЦІОНАЛЬНИХ АТРИБУТІВ ПАКЕТІВ ПОСЛУГ IaaS

Категорія вимог	Атрибути	Значення
Функціональні вимоги (кількісні)	Процесор (v ядра)	1x, 2x, 4x, 8x, 16x, 32x
	ОЗУ (ГБ)	2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256
	Сховище даних (ГБ)	50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000
	Операційна система	Linux / Windows
Нефункціональні вимоги (якісні)	Зашифроване сховище даних	Так / Ні
	Юридичний принцип «Safe Harbor» / Директива захисту даних ЄС 95/46 /ЄС	Так / Ні
	Угода SLA	99,90 % / 99,95 % / 99,98 % / 99,99 % / 100 %
	Резервне сховище	Так / Ні
	Безкоштовна підтримка	Так / Ні
	Розгон CPU	Так / Ні
	Автоматичне масштабування	Немає / Вертикальне / Горизонтальний / Обидва
	Система моніторингу використання ресурсів	Так / Ні
	Веб-інтерфейс	Так / Ні
	API	Так / Ні
	Один обліковий запис для всіх місць	Так / Ні
	Можливість створення копій хмарного сервера	Так / Ні
	Обмежена безкоштовна проба версія	Так / Ні

Джерело: розробка авторів

Нефункціональні параметри можуть бути представлені за допомогою логічних змінних, де певні характеристики може отримувати значення 0 або 1.

Дані фактори ми можемо використати для методу гедонічного ціноутворення, який передбачає залежність між ринковими цінами на продукти та їх об'єктивними характеристиками, що може бути виражено функцією.

Гедонічні методи — це регресійні моделі, в яких ціна товару пов'язана з його характеристиками, розглядається як їх функція, лінійна чи нелінійна. Основне припущення полягає в тому, що товар є набором характеристик і що споживачі просто купують набори характеристик замість самого товару. Гедонічний метод розкладає досліджуваний продукт на його характеристики, отримуючи оцінки вартості кожного з них [6]. Ці методи можуть бути використані для побудови якісно скоригованого індексу цін на хмарні сервіси. Гедонічні індекси цін зазвичай використовуються як наближення для того, щоб визначити, скільки грошей споживачеві потрібно в періоді $t+1$ відносно кількості грошей, необхідної за період t , зберігаючи однаковий рівень корисності. Вирішення цієї проблеми полягає у визначенні профілю споживача та його реакції на різноманітні та швидкі зміни в пропозиції товару.

Основна проблема цього методу полягає в тому, що кожен споживач має потенційно різні потреби та вимоги, і незалежно від того, який саме профіль буде використано, це буде гіпотезою та припущенням, яка відповідатиме конкретній моделі. Також бажання споживачів не є стабільними і можуть змінюватися

Гедонічна функція $f(x)$, пов'язує ряд характеристик продукту з відповідною ціною:

$$P_i = f(X_i) \quad (1)$$

де P_i — ціна виду (або моделі) продукту, який розглядається, а X_i — вектор характеристик, пов'язаних з конкретним видом (моделлю) продукту.

Змінні для розрахунку індексів цін ми класифікуємо на дві групи:

— кількісні змінні — які є складовими вимог до обладнання (потужність процесора, обсяг пам'яті, обсяг пристроїв зберігання даних, кількість операцій центрального процесора);

— якісні змінні — які є складовими вимог до хмарного сервісу, в тому числі економічних (тип операційної системи та/або тип платформи, географічне розташування, дисконтна модель, платіжна модель). За отриманими коефіцієнтами регресії можна суди-

ти про те, як той чи той фактор впливає на результат, зробити на цій основі додаткові корисні висновки.

Далі використовується гедонічна функція (1) для ряду різних характеристик видів продукту та розраховується індекс цін. Як тільки будуть визначені характеристики, які слід враховувати для l наборів (моделей) товару (або послуги), необхідно оцінити рівняння:

$$P_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + b_3 X_{3i} + e_i, \quad i=1, \dots, L; \quad (2)$$

де P_i — ціна виду (або моделі) продукту, який розглядається, X_i — вектор характеристик, пов'язаних з конкретним видом (моделлю) продукту, b_i — коефіцієнти регресії, які необхідно оцінити, а e_i — залишкова регресія у прийнятій функціональній формі. Коефіцієнти регресії оцінюють характеристики, і їх часто називають неявними цінами, оскільки вони позначають ціни, що стягуються за збільшення на одну одиницю значення відповідної характеристики. Неявні ціни схожі на інші ціни, на них впливають попит і пропозиція. У деяких випадках замість фактичних значень використовується натуральний логарифм (\ln) ціни. Крім того, функціональна форма індексу може бути нелінійною.

У випадку, коли ціни охоплюють два (або більше) періодів часу t і $t+1$, рівняння, що підлягають оцінюванню, приймають вигляд:

$$P_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + b_3 X_{3i} + e_{it}, \quad i=1, \dots, L; \quad (3)$$

$$P_i = b_0 + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + b_3 X_{3i} + e_{it} + 1, \quad i=1, \dots, L; \quad (4)$$

де P_{it} — ціна виду (або моделі) продукту, який розглядається за період t , X_i — вектор характеристик, пов'язаних з конкретним видом (моделлю) продукту, b_i — коефіцієнти регресії, які необхідно оцінити, а e_i — залишкова регресія у прийнятій функціональній формі за період t .

У контексті даного дослідження вектор характеристик X_i відповідає конфігурації сервісів хмарної платформи (модель IaaS), яка впливає на ціну, включаючи такі характеристики, як розмір оперативної пам'яті, кількість процесорів, розмір пам'яті, пропускна здатність тощо.

Позитивні коефіцієнти, отримані стосовно операційної системи Windows, означають, що при виборі віртуальної машини, що використовує цю операційну систему, відбувається збільшення кінцевої ціни екземплярів, тобто, екземпляр послуг стає дорожчим, як-

що використовується Windows замість Linux, що узгоджується з тим, що було виявлено під час збору даних. Така ж інтерпретація дійсна для географічного розташування ЦОД, в якому одне з місць розташування ЦОД дешевше, ніж інше (за винятком деяких екземплярів Google, де значення однакові у двох вибраних регіонах).

Такі розрахункові параметри індексу, як індекси вимог відповідності хмарного провайдера положенням директиви європейського союзу № 95/46/ЄС про захист персональних даних, та принципам «Safe Harbor» для американських компаній, є важливим нефункціональним параметром (індекс 50,62), і який показує, що безпека є однією найважливіших проблем користувачів у застосуванні хмарних технологій. Обсяг сховища даних не дуже впливає на ціну (індекс 0,12), що також підтверджує недостатню точність гедоністичного індексу цін, який базується лише на функціональних параметрах. Крім того, можливість створити копії із існуючого хмарного сервера, а потім розгорнути їх на інших серверах (індекс 28,28), а також використання одного облікового запису для управління всіма ресурсами (індекс 25,68), має високий рівень впливу на ціну [9, 10].

Важливість індексу цін полягає в тому, що він може бути використаний для визначення запропонованих цін на комбінації характеристик, які не були включені або вони були недоступні під час побудови індексу.

Висновки. Системний аналіз ціноутворення для хмарних послуг, за допомогою математичного підходу, може надавати корисну інформацію не тільки щодо цінової політики хмарних провайдерів, але й щодо аспектів розвитку хмарного ринку, оскільки гедоністичні індекси цін також дозволяють проводити порівняльний аналіз пропозицій різних хмарних провайдерів. Відсутність механізму, який може запропонувати компаніям можливість порівнювати послуги, запропоновані провайдерами, робить даний підхід перспективним, враховуючи, що в даний час є можливість вся інформація збирати безпосередньо з домашньої сторінки хмарних провайдерів, не затримуючи процес прийняття рішень.

Як і в більшості випадків, 2 даній статті є деякі певні обмеження, які, в свою чергу, вказують напрямки майбутніх досліджень. Наступним кроком автори планують додатково дослідити важливість нефункціональних особливостей при створенні хмарних пакетів послуг й внесок кожного з них у визначення вартості для самих провайдерів. Здається, такі нефункціональні фактори, як безпека та технології копіювання, є важливішими для постачальників ніж функціональні, як обсяг сховища даних.

Крім того, актуальним залишається побудова методу оцінки, здатного кількісно визначити попит на обчислювальну інфраструктуру, необхідну для виконання динамічних інтеграційних хмарних сервісів. У будь-якому випадку, використання гедоністичних індексів цін на хмарні сервіси може надати дуже корисну інформацію не тільки щодо схем ціноутворення, але й щодо стану самого ринку хмарних обчислень, і може запропонувати оптимальні підходи до розробки моделей ціноутворення державних хмарних сервісів в Україні.

Бібліографічні посилання

1. Dutta S., Zbaracki M., Bergen M. Pricing Process as a Capability: A Resource-Based Perspective. *Strategic Management Journal*, vol. 27, 2003. №7. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.522.1472&rep=rep1&type=pdf>.
2. Iveroth E., Westelius A., How to Differentiate by Price: Proposal for a Five-Dimensional Model. *European Management Journal*, 2012. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/ed7e/59b31ea9815c19550740ef0a226b6039ff5c.pdf>
3. Maxwell S. The Price is Wrong: Understanding What Makes a Price Seem Fair and the True Cost of Unfair Pricing. Wiley, 2008. 240 p.
4. Samimi P., Patel A. Review of Pricing Models for Grid and Cloud Computing. *Proc. IEEE Symp. on Comp. and Informatics*, 2011. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5958990/>
5. Google Compute Engine: веб-сайт. URL: <https://cloud.google.com/products/compute-engine>
6. Ghysels E., Plazzi A., Valkanov R. Chapter 9 — Forecasting Real Estate Prices, *Handbook of Economic Forecasting*, Elsevier, Volume 2, Part A, 2013, P. 509-580 URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53683-9.00009-8>.
7. Rohitratana J., Altmann J. Impact of Pricing Schemes on a Market for Software-as-a-Service and Perpetual Software. *Future Generation Computer Syst.*, vol. 28, 2012. № 8. URL: <https://econpapers.repec.org/paper/snvdp2009/201288.htm>
8. Weinhardt C., Anandasivam A., Blau B. Cloud Computing — A Classification. *Business Models, and Research Directions, Bus. Models and Inform. Syst. Eng.*, vol. 1, № 5, 2009. P. 391-399.
9. Siham, El Kihal; Schlereth, Christian; and Skiera, Bernd, «price comparison for infrastructure-as-a-service» (2012). *ECIS Proceedings*. 161. <https://aisel.aisnet.org/ecis2012/161>
10. Jin, H., et al., Towards optimized fine-grained pricing of IaaS cloud platform. *IEEE Transactions on cloud Computing*, 2015. 3(4): P. 436-448.

Статтю подано до редакції 12.10.2020

Грибков С. В., к.т.н., доцент,
доцент кафедри інформаційних систем,
Харкянен О. В., к.т.н., доцент,
доцент кафедри інформаційних систем,
Національний університет харчових технологій
Гладка Ю. А., к.ф.-м.н., доцент,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Hrybkov S. V., PhD, Associate Professor,
Department of Information Systems,
Kharkianen O. V., PhD, Associate Professor,
Department of Information Systems,
National University of Food Technologies
Gladka Y. A., PhD, Associate Professor,
Department of Computer Mathematics and Information Security,
SHEI KNEU named after V. Hetman

ВИКОРИСТАННЯ ЕВРИСТИЧНИХ І ЕВОЛЮЦІЙНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ

APPLICATION OF HEURISTIC AND EVOLUTIONARY ALGORITHMS TO MANAGEMENT PROBLEMS

Анотація. У статті висвітлено нові наукові результати, а саме математичну модель планування виконання замовлень, а також запропоновано модифікований алгоритм LBA, що забезпечує формування альтернативних планів виконання замовлень, з урахування запропонованої математичної моделі. В роботі наведено математичну модель задачі формування виробничих завдань на харчових підприємствах, що враховує сім часткових критеріїв. Загальна оціночна функція у математичній моделі представлена адитивною згорткою усіх критеріїв. Математична модель є комбінаторною багатокритеріальною NP-повною задачею, що враховує низку обмежень: загальний обсяг виготовлення продукції не повинен бути більшим, ніж потужність підприємства на заданій період; не можливо порушувати вимоги та терміни зберігання сировини та матеріалів; не можливо порушувати вимоги та терміни зберігання готової продукції; на певний проміжок часу дозволено використовувати кожне технологічне обладнання для виготовлення тільки одного виду продукції чи напівфабрикату, адже не можливо використовувати технологічне обладнання для одночасного виготовлення різних видів продукції за різними рецептурами та компонентним складом. На основі проведених досліджень зроблено висновок щодо доцільності використання метаевристичних популяційних алгоритмів кажанів і його модифікації, а також модифікованого алгоритму косяка риб. У роботі наведено загальні етапи роботи алгоритмів кажанів і його модифікації, а також модифікованого алгоритму косяка риб. У результаті досліджень, що проводились на статистичних даних різних підприємств харчової галузі, обґрунтовано вибір алгоритму кажанів на основі стратегії пошуку польотів Levy. Даний алгоритм забезпечує формування альтернативних планів вико-

нання замовлень, застосування яких дозволяє формувати нові та проводити реконфігурації існуючих планів за короткий проміжок часу. У випадку, якщо при прийнятті рішення є можливість виключити з математичної моделі один з часткових критеріїв, то ефективнішим себе показав модифікований алгоритм на основі комбінації алгоритмів косяку риб і зграї сірих вовків. У статті висвітлено нові наукові результати, а саме математичну модель планування виконання замовлень, а також запропоновано модифікований алгоритм LBA, що забезпечує формування альтернативних планів виконання замовлень, з урахуванням запропонованої математичної моделі.

Ключові слова: математична модель, планування виконання замовлень, комбіновані алгоритми, алгоритм кажанів, алгоритм зграї сірих вовків, алгоритм косяка риб.

Abstract. The article highlights new scientific results, namely the mathematical model of order execution planning, and also proposes a modified LBA algorithm that provides the formation of alternative order execution plans, taking into account the proposed mathematical model. The paper presents a mathematical model of the problem of forming production tasks at food enterprises, which takes into account seven partial criteria. The general estimation function in the mathematical model is represented by an additive convolution of all criteria. The mathematical model is a combinatorial multicriteria NP-complete problem that takes into account a number of limitations: the total volume of production should not be greater than the capacity of the enterprise for a given period; it is not possible to violate the requirements and terms of storage of raw materials; it is not possible to violate the requirements and terms of storage of finished products; for a certain period of time it is allowed to use each technological equipment for the manufacture of only one type of product or semi-finished product, because it is not possible to use technological equipment for the simultaneous manufacture of different products according to different recipes and components. On the basis of the conducted researches it was found that metaheuristic population bat algorithm and its modifications and the modified algorithm of a fish shoal are suitable for the task. The general stages of operation of bat algorithms, modified bat algorithm, and the modified algorithm of a fish shoal are presented. As a result of research conducted on the statistics of various food companies, the choice of bat algorithm based on Levy's flight search strategy was substantiated. This algorithm provides the formation of alternative plans for the execution of orders, the use of which allows you to generate new and reconfigure existing plans in a short period of time. If it is possible to exclude from the mathematical model one of the partial criteria when making a decision, then a modified algorithm based on a combination of algorithms of a fish shoal and a pack of gray wolves proved to be more effective. The article highlights new scientific results, namely the mathematical model of order execution planning, and also proposes a modified LBA algorithm that provides the formation of alternative order execution plans, taking into account the proposed mathematical model.

Keywords: mathematical model, order execution planning, combined algorithms, bat algorithm, gray wolf optimizer algorithm, fish shoal algorithm.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Підприємства харчової галузі є стратегічними у багатьох країнах. Їх робота залежить від попиту споживачів, сезонного коливання цін на енергоресурси, сировину і допоміжні матеріали, заробітної платні працівників, рівня інфляції тощо. Постійна конкуренція на ринку харчової продукції в умовах невизначеності і ризику вимагає від

виробників вдосконалення процесу оперативного управління всіма ланками харчового підприємства. Традиційними методами не завжди можна забезпечити швидке реагування на зміни ринкової ситуації і здійснювати управління в режимі реального часу.

Основним завданням управління є забезпечення виготовлення продукції в повному обсязі і асортименті для задоволення потреб замовників на заданий час. Таке завдання належить до класу багатокритеріальних NP-складних комбінаторних задач [1, 2].

Важливість задач прийняття рішень та їх складність на різних рівнях управління обумовлює необхідність створення інформаційної технології прийняття рішень на основі модифікованих евристичних і еволюційних методів та алгоритмів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [Hrybkov, and etc., 2020] запропоновано інформаційну технологію для розв'язання задачі планування виконання замовлень по виготовленню продукції на харчових підприємствах, яка ґрунтується на комбінуванні алгоритмів мурашиної колонії, сірих вовків і генетичного. Але запропонована технологія може бути застосована до складних задач і може вимагати великих ресурсозатрат.

У роботі [Hrybkov, and etc., 2018] авторами запропоновано математичну модель задачі планування виконання договорів і метод мурашиної колонії для її розв'язання. Використання запропонованих алгоритмів неможливе без застосування інформаційних систем, тому у роботі [Hrybkov, and etc., 2018] запропоновано структуру web-орієнтованої системи підтримки прийняття рішень (СППР) при плануванні виконання договорів, а також розглянуто технології для її практичної реалізації. Але недоліком запропонованого підходу є їх орієнтованість на підприємства з надання послуг, що не дозволяє врахувати обмеження на обсяги необхідної для виготовлення харчової продукції сировини та пакувальних матеріалів, терміни зберігання готової продукції.

Робота [Santosh, Vinod 2015] присвячена використанню генетичних алгоритмів для вирішення задач оптимізації управління та планування промислових процесів, але не розглянуто особливості окремих галузей виробництва.

У дослідженні [Yang-Kuei Lin 2018] наведено математичну модель, яка враховує лише деякі критерії ефективності при плануванні виконання операцій на різних технологічних машинах. Але розглянутий методу гілок і границь має складності при вирішенні задач для обладнання, яке використовується паралельно.

Виділення невирішених раніше задач. Сьогодні при вирішенні задач складання оперативно-календарних планів і при ви-

рішенні виробничих задач використовують так званий метод декомпозиції цілей. Згідно з ним, відбувається локальне розв'язання задач без урахування усіх факторів, що можуть у подальшому вплинути на діяльність підприємства. Більшість сучасних інформаційних систем направлені на підтримку управління виробництвом, ресурсами, автоматизацію планування, обліку, контролю та аналізу всіх бізнес-операцій підприємства. А зв'язок між відділами забезпечується за рахунок використання корпоративних баз і сховищ даних.

Планування виконання замовлень на основі використання класичних, евристичних та еволюційних методів розглядалась різними науковцями, але задача досі залишається актуальною. Підприємства повинні виготовляти продукцію відповідно до вимог замовника, оптимізуючи собівартість виробництва. Здійснення управління всіма ланками підприємства повинно бути узгодженим, що не можливо досягти використовуючи стандартні методи управління. Їх застосування призводить до витрат часових ресурсів, що не відповідає потребам управління підприємством в реальному часі. Все це обумовлює розробку та створення інтелектуальних інформаційних систем нового покоління, які використовують евристичні, еволюційні та мультиагентні методи й підходи інтелектуальної оптимізації, в основі яких лежить моделювання колективного інтелекту суспільних тварин, комах та інших живих істот. За рахунок використання сучасних інформаційних систем такі методи дають хороші результати у розв'язанні різних задач оптимізації, що свідчить про перспективність даного напрямку [3].

Проведений аналіз наведених вище літературних джерел дає підстави стверджувати про доцільність створення інформаційної технології з використанням модифікованих мультиагентних і генетичних алгоритмів для розв'язання задачі планування виконання замовлень по виконанню замовлень.

Формулювання цілей статті. Основними цілями даної роботи є два завдання:

— формалізація та математичне моделювання виконання замовлень, що враховує усі критерії впливу на отримання кінцевого прибутку;

— обрання та обґрунтування вибору модифікованих алгоритмів розв'язання задачі формування оптимальних варіантів розкладу виконання замовлень.

Виклад основного матеріалу.

Розробка математичної моделі планування виконання замовлень.

Для математичної моделі задачі складання розкладу виконання замовлень введемо такі позначення:

t — час початку виконання плану, який позначається датою і часом до хвилини;

Δt — час, за який необхідно виконати усі замовлення в хвилинах;

$(t+\Delta t)$ — плановий період, на який розраховується виробничий план;

i — замовлення, що знаходиться на черзі, регламентує один вид продукції, яку необхідно виготовити за період $(t+\Delta t)$;

j — номер етапу з множини етапів ($j \in \omega_i$) для i -о замовлення, де ω_i — кількість необхідних етапів виготовлення i -го замовлення;

l — номер обладнання з множини обладнання ($j \in \sigma_i$) для i -о замовлення, де σ_i — кількість задіяного обладнання для виконання усіх етапів при виготовленні i -го замовлення;

t_i — час початку виконання виготовлення продукції за i -м замовленням;

Δt_{ijl} — час виконання j -о етапу на l -у обладнанні для виготовлення продукції за i -м замовленням;

pt_{ijl} — час необхідний для підготовки l -о обладнання для здійснення j -о етапу при виготовленні продукції за i -м замовленням, може приймати значення нуль, якщо підготовка не потрібна;

ηt_{ijl} — час для очищення обладнання після j -о етапу виготовлення продукції за i -м замовленням на l -у обладнанні.

o_{ijl} — параметр, що приймає значення $\{0, 1\}$ ($o_{ijl} = 1$, якщо j -й етап можливо виконати на l -у обладнанні для виготовлення продукції за i -м замовленням; $o_{ijl} = 0$ в іншому випадку);

n — загальна кількість замовлень, які необхідно виконати за період $(t+\Delta t)$;

θ_i — параметр, що приймає значення $\{0, 1\}$ ($\theta_i = 1$, якщо i -е замовлення виконується за період $(t+\Delta t)$; $\theta_i = 0$ в іншому випадку);

$sd_i(t+\Delta t)$ — вартість одиниці продукції для i -о замовлення за період $(t+\Delta t)$;

$vc_i(t+\Delta t)$ — постійні витрати на виготовлення одиниці продукції для i -о замовлення за період $(t+\Delta t)$;

$vz_i(t+\Delta t)$ — змінні витрати на виготовлення одиниці продукції для i -о замовлення за період $(t+\Delta t)$;

$op_i(t+\Delta t)$ — обсяг готової продукції, яку необхідно виготовити за i -м замовленням у період $(t+\Delta t)$;

g_i — розмір штрафу прописаний у договорі, який необхідно відшкодувати замовнику, якщо буде порушено dt_i термін виконання замовлення;

Ψ_i — коефіцієнт, що приймає значення $\{0,1\}$, $\Psi_i=1$ якщо $(t_i+F_{2i}(t+\Delta t))<dt_i$, $\Psi_i=0$ в іншому випадку, та визначає необхідність відшкодування замовнику, якщо буде порушено термін виконання dt_i ;

r_i — перелік ресурсів необхідних для виготовлення продукції за i -м замовленням;

ω_i — кількість технологічних етапів для виконання i -го замовлення;

hk_i — коефіцієнт, який враховує необхідність сплати штрафу за запізнення на кожну добу;

σ_i — кількість задіяного обладнання для виконання усіх етапів при виготовленні i -го замовлення;

to_{ij-1} — час переходу/очікування між виконанням j -о етапу до $(j-1)$ етапу;

c_{ijl} — витрати за одну годину при здійсненні j -о етапу на l -у обладнанні для виготовлення продукції за i -м замовленням;

cn_{ijl} — вартість перероблення чи утилізації одиниці отриманої некондиційної продукції при виконанні i -о замовлення на l -у технологічному обладнанні;

vnk_{ijl} — загальна кількість некондиційної продукції, отриманої на кожну одиницю продукції під час виконання j -о етапу i -о замовлення на l -у технологічному обладнанні;

dt_i — час, за який необхідно виготовити продукцію за i -м замовленням;

k — вид сировини (матеріалу), необхідного для виконання i -о замовлення, а загальна його кількість необхідних для виконання i -о замовлення r_i ;

rk_{ik} — обсяг сировини, необхідний для виготовлення одиниці продукції за i -м замовленням;

rt_{ik} — час надходження k -о компонента для виконання i -о замовлення;

vsr_{ik} — вартість зберігання k -о компонента для виконання i -о замовлення.

Визначаємо такі часткові критерії ефективності варіанту плану для м'ясопереробного підприємства:

1) максимальний прибуток отриманий при виконанні усіх замовлень за плановий період $(t+\Delta t)$:

$$F_1(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n (\theta_i * (sd_i(t + \Delta t) - (vc_i(t + \Delta t) + vz_i(t + \Delta t)))) * op_i(t + \Delta t) \rightarrow \max; \quad (1)$$

2) мінімізація часу на виготовлення продукції кожного i -о замовлення за період $(t+\Delta t)$ (2), а також обмеження (3) та (4), що

регламентують час виготовлення кожної продукції для i -о замовлення, та обмеження на термін закінчення виготовлення продукції повинні не перевищувати визначеного терміну:

$$F_2(t + \Delta t) = \max_i(F_{2i}(t + \Delta t)) = \max_i \left(\sum_{j=1}^{\omega_i} \sum_{l=1}^{\sigma_i} (o_{ijl} * (pt_{ijl} + t_{ijl} + \eta t_{ijl} + to_{ij-1})) \right) \rightarrow \min ; \quad (2)$$

$$t \leq t_i + F_{2i}(t + \Delta t) \leq t + \Delta t ; \quad (3)$$

$$t \leq t_i - F_{2i}(t + \Delta t) \leq dt_i ; \quad (4)$$

3) мінімізація сумарних штрафів за невчасне виконання замовлення за період $(t + \Delta t)$:

$$F_3(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n (g_i * \psi_i * hk_i) \rightarrow \min ; \quad (5)$$

4) мінімізація сумарних витрат при проходженні усього технологічного процесу через відповідні технологічні ділянки при виконанні замовлень за заданий період $(t + \Delta t)$:

$$F_4(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{\omega_i} \sum_{l=1}^{\sigma_i} ((o_{ijl} * (pt_{ijl} + t_{ijl} + \eta t_{ijl})) * c_{ijl}) \right) \rightarrow \min ; \quad (6)$$

5) мінімізація витрат на переробку та утилізацію отриманої некондиційної продукції при виконанні усіх замовлень:

$$F_5(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{\omega_i} \sum_{l=1}^{\sigma_i} (o_{ijl} * cn_{ijl} * vnk_{ijl} * op(t + \Delta t)) \rightarrow \min ; \quad (7)$$

6) мінімізація витрат на зберігання готової продукції до заданого терміну відвантаження:

$$F_6(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n (vz_i * op(t + \Delta t) * \max(0, dt_i - (t_i + F_{2i}(t + \Delta t)))) \rightarrow \min ; \quad (8)$$

7) мінімізація витрат на зберігання сировини та матеріалів, що необхідні для виготовлення продукції:

$$F_7(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{r_i} (vsr_{ik} * rk_{ik} * op(t + \Delta t) * \max(0, t_i - rt_{ik})) \rightarrow \min . \quad (9)$$

Загальна оціночна функція буде представлена адитивною згортокою усіх критеріїв:

$$F'_0 = \lambda_1 F_1 - \sum_{\gamma=3}^7 \lambda_\gamma F_\gamma \rightarrow \max , \quad (10)$$

де λ_γ — коефіцієнт важливості критерію $\lambda_\gamma \in [0, 1]$.

Якщо $\lambda_l = 0$, то загальна оціночна функція приймає вигляд:

$$F'_0 = \sum_{\gamma=3}^7 \lambda_\gamma F_\gamma \rightarrow \min. \quad (11)$$

Залежно від соціальної та економічної ситуації, а також досвіду менеджера, який відповідає за складання оперативного календарного плану виконання замовлення, задача може вирішуватись за різними варіантами.

Математична модель є комбінаторною багатокритеріальною NP-повною задачею. Вона включає низку обмежень: загальний обсяг виготовлення продукції не повинен бути більшим, ніж потужність підприємства на заданий період; не можливо порушувати вимоги та терміни зберігання сировини та матеріалів; не можливо порушувати вимоги та терміни зберігання готової продукції; на певний проміжок часу дозволено використовувати кожне технологічне обладнання для виготовлення тільки одного виду продукції чи напівфабрикату, адже не можливо використовувати технологічне обладнання для одночасного виготовлення різних видів продукції за різними рецептурами та компонентним складом.

На підставі проведених досліджень літературних джерел зроблено висновок щодо доцільності використання метаевристичних популяційних алгоритмів кажанів і його модифікації, а також модифікованого алгоритму косяка риб.

Алгоритм кажанів і його модифікації.

До особливостей поведінки кажанів під час полювання відносять спроможності активно збирати інформацію і дуже швидко приймати рішення. Для орієнтації в просторі кажани використовують ехолокацію — вони випускають ультразвук, який досягає жертви і відбивається назад. Більшість видів кажанів володіє доскональними засобами ехолокації, які використовуються ними для виявлення здобичі і перешкод, а також для забезпечення можливості розміститися на поверхні в темряві. Завдяки ехолокації кажан визначає розташування жертви та здійснює напад. Кажан приймає рішення про свої дії у просторі дуже швидко на основі отриманої інформації із зовнішнього середовища. Однією з основних переваг алгоритму кажанів є швидкість виконання і потенційно більша потужність, ніж в алгоритмі рою частинок. Алгоритм може здатися складнішим, ніж більшість інших алгоритмів ройового інтелекту, проте, він може бути досить ефективно застосований до задач оптимізації та забезпечити пошук оптимальних результатів, витрачаючи меншу кількість часу [Suganthi, 2017].

Алгоритм кажанів дотримується таких правил:

— усі кажани використовують ехолокацію, щоб аналізувати відстань, а також відрізнити їжу та природні перешкоди;

— кажани переміщуються випадковим чином зі швидкістю v_i в позиції x_i з фіксованою частотою f_{min} , змінною довжиною хвилі λ і гучністю A_0 , щоб знайти здобич;

— кажани можуть автоматично регулювати довжину хвилі (або частоту, оскільки частота = 1/довжина хвилі), випускання імпульсу і швидкість імпульсу r_i [0,1], що залежать від відстані до певного об'єкту або здобичі;

— показник гучності змінюється від більш (позитивного) A_0 до меншого постійного значення A_{min} .

Враховуючи, що швидкість звуку в повітрі приблизно дорівнює 300 м/с, довжина хвилі для звуку з постійною частотою визначається формулою:

$$\lambda = \frac{v}{f} . \quad (12)$$

Кажани використовують затримку від випромінювання сигналу, до виявлення відлуння, різницю в часі виявлення відлуння в двох вухах, для того щоб побудувати тривимірну модель оточуючого простору. Використовуючи побудовану модель вони виявляють відстань до оточуючих предметів, відстань до цілі, тип здобичі, швидкість її руху. При цьому вони використовують ефект Допплера, який полягає у зміні частот і довжини хвилі випромінювання через рух джерела випромінювання хвилі. Якщо джерело хвиль рухається в середовищі і при цьому випромінює хвилі, то відстань між хвилями залежить від швидкості та напрямку руху джерела і приймача. Якщо джерело рухається в напрямку до приймача, тобто наздоганяє хвилі, то довжина хвилі зменшується і навпаки — якщо рухається в напрямку протилежному джерелу, то довжина збільшується за формулою:

$$\lambda = \frac{2\pi(c - v)}{w_0} , \quad (13)$$

де w_0 — кутова частота хвилі;

c — швидкість поширення хвиль у середовищі;

v — швидкість джерела звуку відносно середовища (зі знаком «+», якщо джерело наближується до приймача і зі знаком «-», якщо віддаляється).

Для роботи алгоритму використовуються такі значення:

- частоти хвилі лежать у діапазоні $[f_{\min}; f_{\max}]$;
- відповідають діапазону довжин хвиль $[\lambda_{\min}; \lambda_{\max}]$.

Опишемо рух кажанів, що необхідні алгоритму, формулами:

$$f_i = f_{\min} + (f_{\max} - f_{\min})\beta ; \quad (14)$$

$$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i^t - x_*)f_i ; \quad (15)$$

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t , \quad (16)$$

де $\beta \in [0,1]$ — випадкова величина;

x_* — найкращий поточний розв'язок.

На кожній ітерації алгоритму відбувається оновлення амплітуди імпульсу і його емісія. Коли кажан наближається до цілі гушність його імпульсів зменшується (17), а частота імпульсів збільшується (18):

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t , \quad (17)$$

$$r_i^{t+1} = r_i^0 \left[1 - \frac{1}{e^{\gamma t}} \right] , \quad (18)$$

де α та γ — константи.

Складність такого алгоритму залежить від кількості осіб у зграї, що використовується в алгоритмі, кількості екстремумів і розмірності задачі.

Алгоритм хаотичного кажана (chaotic bat algorithm CBA) використовує у своїй основі теорію хаосу з використанням кусково-хаотичних карт. Хаотичні системи є дуже поширеними в природних і соціальних системах, які мають складну, випадкову та точну характеристику [Sha-Sha Guo, Jie-Sheng Wang, Xiao-Xu Ma 2019, Suganthi Jeyasingh 2017]. Хаотичний рух — це дуже нестабільний рух у детермінованій системі, обмежений простором кінцевих фаз. Хаос — це форма аперіодичного руху, яка є унікальною та загальною у нелінійних системах. Аналізуючи логістичне рівняння, воно відоме як найтипніше для хаотичних систем:

$$S_{k+1} = \mu S_k (1 - S_k) , \quad (19)$$

де μ — коефіцієнт переходу, що є константою,

S_k — значення коефіцієнта, формується за правилом хаотичної карти, $S \in (0,1)$. Послідовність S_0, S_1, \dots є детермінованою,

що сформована за певним правилом хаотичної карти. Існує 10 типових видів хаотичної картографії, але оптимальний вид хаотичної карти обирається шляхом проведення імітаційних експериментів на тестових функціях. На основі ряду наукових робіт, було проаналізовано застосування різних хаотичних карт і запропоновано обрання як найкращої — частино-хаотичної карти. При цьому запропоновано початкового значення 0.7 і забезпечує швидкість знаходження оптимального рішення.

Алгоритм кажанів на основі стратегії пошуку польотів (Levy Flight Search Strategy (LBA)) базується на методі польотів Леві, який базується на траєкторії руху живих істот при пошуку їжі у невизначеному та непередбачуваному середовищі. Польоти Леві складаються з коротких швидких рухів і періодичних довгих повільних пересувань і відображують траєкторію польоту альбатросів, бджіл і фруктових дрозодфіл. Поведінка польотів Леві є найкращою стратегією пошуку для N незалежних дослідників, коли відбувається пошук об'єкта, що має випадкове розташування у просторі, а також не можливо математично змоделювати простір. Рух кажана в даному алгоритмі відповідає негауссовському стохастичному процесу, що дозволяє розширити простір пошуку.

У поєднанні з функцією ехолокації кажана це допомагає значно та ефективно покращити роботу алгоритму кажана. Тому вдосконалений алгоритм замінює рівняння (16) рівнянням:

$$x_i^t = x_i^{t-1} + \text{levy} \cdot x \cdot (x_i^{t-1} - x^*) + V_i^t. \quad (20)$$

Політ Леві використовується окремим кажаном при пошуку оптимального локального положення, що забезпечує збільшення ітерацій перевірок та оптимізацію у глобальному процесі пошуку. Все це направлено на уникнення потрапляння в локальний оптимум і прискорення знаходження оптимального рішення.

Комбінований алгоритм FSS і GWO.

Автори пропонують новий модифікований алгоритм на основі комбінації алгоритмів FSS (Fish School Search — косяку риб) і GWO (GWO — Grey Wolf Optimizer — зграї сірих вовків) для вирішення задач управління.

Алгоритм FSS заснований на харчовій поведінці косяку риб. Вони пересуваються з метою пошуку їжі, що є оптимальним рішенням, в межах області пошуку. При харчуванні вага кожної риби збільшується та формалізує її індивідуальний успіх в пошуку рішення і відіграє роль пам'яті риби. При знаходженні ефективного місця харчування риби об'єднуються у косяк.

Загальна вага показує наскільки ефективний косяк риб: якщо вага збільшується — косяк успішний; якщо вага зменшується, то косяк НЕ успішний. Весь косяк рухається до розташування найуспішніших риб. В іншому випадку косяк поширюється по всій запропонованій території [C. J. A. B Filho., F. B. de Lima Neto, A. J. C. C. Lins, A. I. S. Nascimento., and M. P. Lima 2008, de Lima Neto, Fernando Buarque, and Marcelo Gomes Pereira de Lacerda. 2013]. У проекції на задачу виконання замовлень харчового підприємства фактичний рух відбувається по порядку виконання замовлень на виготовлення продукції, а найефективнішим є той, при якому за менший час виконано всі замовлення з мінімальними витратами і отримано максимальна прибуток.

Основними операторами алгоритму FSS є: оператор годування і правило плавання (пересування агентів). Оператор годування визначає як виконується приріст ваги агента на кожній ітерації. В алгоритмі FSS розрізняють три види плавання: індивідуальне, інстинктивно-колективне і колективно-вольове.

При індивідуальному плаванні відбувається випадкове переміщення агента з однаковою ймовірністю в будь-якому напрямку із заданою швидкістю або на задану відстань. У розглянутій задачі відстань переходу виступає в якості замовлення на виконання. Індивідуальне плавання включає в себе не одну ітерацію і направлене на пошук оптимального рішення.

Колективно-вольове плавання виконується після інстинктивно-колективного плавання. Даний вид плавання полягає у зміщенні всіх агентів у напрямку поточного центру ваги популяції, якщо сумарна вага косяка в результаті індивідуального і інстинктивно-колективного плавання збільшилась, і в протилежному напрямку — якщо ця вага зменшилась. В іншому випадку популяція розширюється від того ж центру, підвищуючи свої диверсифікаційні властивості.

У модифікованому алгоритмі FSS і GWO при колективно-вольовому плаванні доцільно застосувати алгоритм GWO, що копіює процес полювання зграї сірих вовків у природі [Hrybkov S., Seidykh O. 2020]. Згідно з нашим завданням зграя полює за жертвою, що відповідає оптимальному оперативному плану виконання замовлень. Кожен вовк зграї відповідає альтернативному оперативним плану на кожній ітерації. Після виконання кожної ітерації для кожного вовка розраховується значення його альтернативного оперативного плану використовуючи цільової функцію. За значенням оцінки кожного вовка в зграї їх поділяють на чотири типи: «альфа» — вовк-ватажок, оцінка якого є оптималь-

не рішення за частковими критеріями або оціночною функцією; «бета» і «дельта» — це вовки, які заганяють жертву, оцінка яких — друге і третє місце серед кращих; «омега» — всі інші вовки [Yudong Zhang, Saeed Balochian, Praveen Agarwal, Vishal Bhatnagar, Orwa Jaber Housheya 2014, Mirjalili S., Lewis. A. 2014, Madadi A., Motlagh M. 2014]. Перші три типи вовків фіксуються на наступні ітерації до тих пір, поки не будуть знайдені нові альтернативні варіанти рішення, які будуть краще поточних або буде вичерпано задану кількість ітерацій. Вовки «альфа», «бета», «дельта» впливають на формування «омега» вовків [Madadi A., Motlagh M. 2014]. Використовуючи GWO алгоритм, отримуємо варіанти планів виконання замовлень.

Зупинка роботи алгоритму відбувається при вичерпанні заданої кількості ітерацій або коли повторюється оптимальне рішення протягом заданої кількості ітерацій.

Порівняння ефективності алгоритмів.

Авторами було проведено порівняння наступних алгоритмів: класичного алгоритму кажанів (BA), алгоритму кажанів на основі стратегії пошуку польотів (LBA), алгоритму кажанів на основі коефіцієнта скорочення (SBA), модифікованого алгоритму FSS & GWO.

При порівнянні алгоритмів були використані статистичні дані українських підприємств харчової промисловості, а саме макаронних, молокопереробних підприємств і підприємств з виготовлення ковбасних і м'ясних виробів.

Ефективність алгоритмів оцінено на основі таких показників: час пошуку оптимального розкладу; ефективність знайденого плану (визначається як відхилення від оцінки фактичного плану за цільовою функцією); скорочення часу виконання замовлень (розраховується як різниця між фактичним і запропонованим планом).

Необхідно відмітити, що час пошуку оптимального плану залежить від характеристик комп'ютерної техніки. Апробація проводилась на основі статистичних даних по виконанню замовлень за попередні періоди, тому в якості фактичного плану приймався такий, що виконувався. Випадковим чином за різні періоди часу було обрано 25, 50, 75 і 100 замовлень. Дослідження проводилися з однаковими параметрами для кожного алгоритму.

За результатами порівняння розглянутих алгоритмів пропонується використання алгоритму LBA. До недоліків даного методу варто віднести велике число вільних параметрів, від значення яких часто залежить результат, з іншого боку, відсутні підстави для вибору цих значень. LBA полягає у використанні методу Леві

оптимуму, що забезпечує швидкий пошук на задачах великої розмірності. При кількості замовлень менше 25 усі алгоритми працюють майже однаково, а при збільшенні відразу відчувається необхідність застосування модифікованих алгоритмів.

Якщо спростити математичну модель шляхом виключення одного з часткових критеріїв, ефективнішим є FSS & GWO алгоритм, що при розв'язку задач управління порівняно з іншими алгоритмами виграє до 40 % часу.

Висновки за виконаним дослідженням.

Запропонована модифікована математична модель планування виконання замовлень з урахуванням основних особливостей діяльності підприємств харчової галузі, що дає змогу оцінити формування оптимальних варіантів розкладу виконання замовлень.

Запропоновано модифікований алгоритм LBA, що забезпечує формування альтернативних планів виконання замовлень, з урахуванням розробленої математичної моделі. Застосування альтернативних планів дозволяє формувати нові та проводити реконфігурації існуючих за короткий період часу. Якщо спростити математичну модель шляхом виключення одного з часткових критеріїв, ефективнішим є алгоритм FSS & GWO, що значно виграє за часом при розв'язку задач управління порівняно з іншими алгоритмами.

Бібліографічні посилання

1. de Lima Neto, Fernando Buarque, and Marcelo Gomes Pereira de Lacerda. (2013) Multimodal Fish School Search Algorithms Based on Local Information for School Splitting.» BRICS Congress on Computational Intelligence and 11th Brazilian Congress on Computational Intelligence. IEEE, 2013

2. Georgiadis G. P., Elekidis, A. P., Georgiadis, M. C. (2019) Optimization-Based Scheduling for the Process Industries: From Theory to Real-Life Industrial Applications. Processes. V. 7..

3. Hrybkov S., Kharkianen O., Lytvynov, Ovcharuk V., Ovcharuk I. (2020). Development of information technology for planning order fulfillment at a food enterprise, 1/3. (103).

4. Hrybkov S., Lytvynov V., Oliinyk H. (2018). Web-oriented decision support system for planning agreements execution. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3/2. (99).

5. Hrybkov S., Seidykh O. (2020). Manufacturing management methods at the expense of using bat algorithm / Вдосконалення методів управління виробництвом за рахунок використання алгоритму кажанів / Modern engineering and innovative technologies Issue 12 / Part 3, Germany : Sergeieva&Co «+»ISE&E». DOI : 10.30890/2567-5273.2020-12-03-061

6. C. J. A. B Filho., F. B. de Lima Neto, A. J. C. C. Lins, A. I. S. Nascimento., and M. P. Lima (2008) «A novel search algorithm based on fish

school behavior.» Systems, Man and Cybernetics, SMC. IEEE International Conference on, 2008, pp. 2646-2651.

7. Madadi A., Motlagh M. (2014) Optimal Control of DC motor using Grey Wolf Optimizer Algorithm // Technical Journal of Engineering and Applied Science. Vol. 4(4).

8. Mirjalili S., Lewis. A. (2014) Grey Wolf Optimizer // Advances in Engineering Software. Vol. 69.

9. Santosh K. S., Vinod, K. G. (2015) Genetic Algorithms: Basic Concepts and Real World Applications. International Journal of Electrical, Electronics and Computer Systems (IJEECS), 3 (12).

10. Sha-Sha Guo, Jie-Sheng Wang, Xiao-Xu Ma (2019) Improved bat algorithm based on multipopulation strategy of island model for solving global function optimization problem / Mode of access: <https://www.hindawi.com/journals/cin/2019/6068743/>.

11. Suganthi Jeyasingh (2017) Modified Bat Algorithm for Feature Selection with the Wisconsin Diagnosis Breast Cancer (WDBC) Dataset / Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC555532/>.

12. Yang-Kuei Lin (2018) Scheduling efficiency on correlated parallel machine scheduling problems // Operational Research. Vol. 18, Issue 3.

13. Yudong Zhang, Saeed Balochian, Praveen Agarwal, Vishal Bhatnagar, Orwa Jaber Housheya (2014) Artificial Intelligence and Its Applications // Mathematical Problems in Engineering. Article ID 840491. doi:<http://dx.doi.org/10.1155/2014/840491>

Статтю подано до редакції 19.10.2020

УДК: 517.9

DOI 10.33111/mise.99.5

Джалладова І. А., д. фіз.-мат. наук,
професор кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки
Бабинюк О. І., к. е. н.,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки
Лютій О. І., к. т. н.,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Dzhalladova I. A., Doctor of Science in Physics and Mathematics,
Professor Head of the Department of Computer Mathematics and Information Security

Babynuk O. I., Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor of the Department of Computer Mathematics and Information Security

Liutyj O. I., Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Computer Mathematics and Information Security Department, SHEI KNEU named after V. Hetman

МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ РІЗНИЦЕВИХ РІВНЯНЬ З ВИПАДКОВИМИ КОЕФІЦІЄНТАМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗАГРОЗ СОЦІО-БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ

MODIFICATION OF RESEARCH METHODS THE SYSTEM OF DIFFERENCE EQUATIONS WITH RANDOM COEFFICIENTS FOR ANALYSIS OF SOCIO-SECURITY THREATS IN A PANDEMIC CONDITION

Анотація. В роботі досліджено модельну задачу побудови і аналізу стійкості стану соціо-безпеки з точки зору загроз, які склалися для населення країн світу в теперішній час в умовах невизначеності, знайдено умови її стабілізації в окремому напрямі. В якості інструментарію запропоновано модифікацію асимптотичних методів і модель, яка описується різними рівняннями з випадковими марковськими коефіцієнтами, бо марковські процеси найадекватніше відображають реальну ситуацію зі стрибками показників кількості хворих. Дослідження є початком циклу робіт, присвячених ґрунтовному вивченню усіх факторів соціо-безпеки з поданням її як функції багатьох змінних. Кожна змінна описує окрему загрозу соціо-безпеки. Остаточна мета теоретичного дослідження у вузькому сенсі — побудова інтегральних показників складових загроз соціо-безпеки для їх вимірювання і оцінки. Метою в широкому сенсі є його практичне застосування на основі отриманих показників, формулювання у вигляді алгоритмів рекомендацій державним установам шляхів запобігання соціальних потрясінь. Запропонувати концепцію, щодо здатності суспільства зберегти свою сутність у невизначених умовах постійних змін і зберегти стабільний стан суспільства як по окремим напрямам, так і в цілому. Апарат різницьових рівнянь з випадковими коефіцієнтами дуже добре підходить для моделювання майже всіх загроз соціо-безпеки. Будемо і вивчаємо математичні моделі, що пов'язані з вимірами кількості хворих. Отримані умови стійкості пояснюють стан суспільства. Можна також сформулювати напрями дій для практиків із застосуванням умов стійкості. Розуміння нових умов співіснування у світі під час пандемії ставить на перше місце різноманітність досліджень заради ЛЮДИНИ. Тому робота є актуальним науковим дослідженням, має теоретичну і практичну цінність.

Ключові слова: асимптотичні методи; соціо-безпека; стійкість; марковський процес; невизначеність; пандемія; системний аналіз; активні хворі.

Abstract. The paper investigates the model problem of construction and analysis of the stability of the state of social security in terms of threats to the population of the world in our time in the uncertainty of individual cities, the conditions of stabilization. As a tool, a modification of asymptotic methods and a model proposed by difference equations with random Markov coefficients are proposed, because they most adequately reflect the reality with jumps in the number of patients. The study is the beginning of a series of works devoted to a thorough study of all factors of social security with its presentation as a function of many variables. Each variable is a separate threat to social security. The ultimate goal of theoretical research in the narrow sense is to build integrated indicators of the components of social security threats for their measurement and evaluation. The purpose in a broad sense is its practical application on the basis of the received indicators, formulation in the form of algorithms of

recommendations to state institutions of ways of prevention of social shocks. To propose a concept of the ability of society to preserve its essence in the uncertain conditions of constant change and to maintain a stable state of society in some areas and as a whole. The apparatus of difference equations with random coefficients is very well suited for modeling almost all social security threats. We build and study mathematical models related to measuring the number of patients. The obtained conditions of stability explain the state of society. It is also possible to formulate courses of action for practitioners using sustainability conditions. Understanding the new conditions of coexistence in the world during a pandemic puts in the first place a variety of research for the sake of MAN. Therefore, the work is a relevant scientific study, has theoretical and practical value.

Keywords: asymptotic methods; socio-safety; stability; Markov process; uncertainty, pandemic; system analysis; active patients.

Вступ. В глобальних умовах невизначеності дослідження загроз соціо-безпеки стає найважливішим і найактуальнішим для дослідників. Соціо-безпека [20] — це стан і характеристика міри досягнення оптимального рівня безпеки функціонування, розвитку суспільства, яке забезпечується сукупністю політичних, правових, економічних, організаційних, соціо-психологічних напрямів, які дозволяють зберігати соціальну стабільність в суспільстві. Індикатором соціо-безпеки є соціальна трансформація, а саме: нестійкість соціальних структур суспільства, процеси деградації, узурпація влади тощо. З цієї точки зору застосування математичних методів для дослідження зазначених, і багатьох інших процесів неzapеречно. Особливо застосування добре розвинутих і модифікованих методів теорії стійкості та теорії керування для дослідження стійкості різних систем і підсистем суспільства. На сьогодні дослідники з усіх галузей намагаються допомогти владі справитися з наслідками пандемії, допомогти людству вижити і вийти переможцями з незаперечно складної ситуації. Симбіоз методів і поставлені авторами задачі є оригінальними, хоча і спираються на дослідження багатьох вчених, які жили і творили раніше.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливу роль марковських процесів у сучасній теорії випадкових процесів і в її застосуванні для вирішування складних задач визнано й науковцями теоретиками, й практиками. Їх дослідженню присвячено велику кількість робіт, різних як по постановкам задач, так і по методам їх розв'язування. Часто ці методи використовують наявність у процесі деякої послідовності моментів зупинки, яка розбиває часову вісь на інтервали з достатньо простою поведінкою траєкторій. Найбільш вивченими процесами такого типу є стрибкоподібні процеси, теорія яких викладена в класичних монографіях Й.І. Гіхмана і А.В. Скорохода, Д. Дуба [5]. Спроба побуду-

вати основи теорії марковських процесів, поведінка яких на інтервалах між стрибками не тривіальна, була зроблена в роботах Ш. Ватанабе, Н. Ікеда та інших авторів. У цих роботах розглядаються різні процедури побудови марковського процесу з частин. Ці побудови виявилися плідними в роботах А.В. Скорохода [16, 17] й інших авторів, спом'янутих вище, які вивчали дифузійні розгалужені процеси. Обмеження, яким задовольняють характеристики цих процесів, дозволили отримати ряд істотних результатів, наявність яких пов'язана не тільки з достатньо складною поведінкою дифузійних розгалужених процесів між своїми стрибками і не тільки з многовидом явищ, що обумовлено розгалуженням. Складні пуассоновські процеси із затримкою в нулі, а також спільні кусково-лінійні процеси, детально досліджені в численних роботах В.С. Королюка, Б.В. Гнеденко, І.М. Коваленко та ін.

У роботі Є.Ф. Царкова [19] надано строго математичне обґрунтування алгоритму зведення рівняння:

$$\frac{dX}{dt} = A(y(t))X,$$

де A — неперервна матрична функція, $\{y(t)\}$ — стохастичний, феллеровський марковський процес на компактні, до рівняння зі сталими коефіцієнтами для математичного сподівання розв'язку X

$$\frac{dM}{dt} = \left(\sum_{k=0}^{\infty} \varepsilon^k \bar{A}_k \right) \cdot M, \quad M \equiv E\{X(t)\}.$$

Досліджується експоненціальна стійкість у середньому квадратичному розв'язків цієї системи.

Тривіальний розв'язок називається експоненціально стійким у середньому квадратичному, якщо існують такі додатні сталі N, γ , що при всіх $t \in R_t, X \in R^n, y \in Y$ для розв'язків по початковим даним виконується нерівність

$$M\{(x)\}^2 \leq Ne^{-\gamma t} |x|^2.$$

У багатьох задачах теорії керування виникає задача про стійкість нульового розв'язку системи диференціальних рівнянь, яка після перетворень приймає вид

$$\frac{dX}{dt} = AX + \mu F(X, \mu), \quad F(0, \mu) \equiv 0,$$

де $F(X, \mu)$ — вектор-функція, яка розкладається в ряд по степенях малого параметра μ і диференційована достатню кількість

разів по X, μ . Було доведено, що велику роль при поданні розв'язку у вигляді розкладу в ряд по малому параметру грає стійкість розв'язків породжуючої системи лінійних диференціальних рівнянь

$$\frac{dX}{dt} = AX.$$

Асимптотичний метод наближеного інтегрування диференціальних рівнянь був розроблений у роботах Н. Ньютона, Л. Ейлера, Л. Лагранжа, П. Лапласа, К. Делоне, М. Ліндсмедта, А. Пуанкаре і багатьох інших. Ці методи застосовувалися, як правило, для розв'язування задач небесної механіки, що описувалися канонічними диференціальними рівняннями. Деякі варіанти асимптотичного інтегрування були пов'язані з використанням операції усереднення за часом t

$$P(x) = \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{1}{T} \int_0^T F(t, x) dt \equiv E\{F(t, x)\}.$$

Операція усереднення застосовувалася у роботах Б. Ван-дер-Поля, Л.І. Мандельштама, Н. Л. Папалексі та інших. У цих роботах побудова усередненої системи вже не була пов'язана з канонічністю системи диференціальних рівнянь. З іншої сторони розроблявся метод нормальних форм у роботах А. Пуанкаре, Дж Беркгофа, К. Загеля, А.Д. Брюно, А.П. Маркєєва і багатьох інших. З'ясувалося, що асимптотичний метод є способом зведення системи диференціальних рівнянь до нормальної форми. Інший, більш простий і алгоритмічний метод складається з застосування асимптотичного методу [1—4, 12—15] та його модифікацій і розвинення в роботах [6—8]. Інструментарій дуже добре працює при моделюванні різноманітних явищ економіки, політики, фінансах тощо [9—11]. У даній роботі було зроблено першу спробу застосувати модифікований алгоритм до дослідження проблем, пов'язаних з головною тематикою сучасності — безпекою людини.

Постановка проблеми. Метою статті є побудова моделі та аналіз стійкості ситуації із кількістю осіб, що захворіли на COVID-19 у містах України. Розв'язання цієї проблеми привело до необхідності модифікації існуючих підходів, а саме удосконалення метода асимптотичних методів дослідження різницевих рівнянь з випадковими коефіцієнтами. За допомогою нового підходу вдалося дослідити стійкість одного з впливових факторів соціо-безпеки в умовах невизначеності (умовах пандемії) — виміру кількості осіб, що активно хворіють.

Основний результат. Розглянемо асимптотичний метод побудови системи різницевих рівнянь для математичного сподівання випадкового розв'язку системи лінійних різницевих рівнянь з випадковими коефіцієнтами. Вважається, що для випадкового процесу, що визначає значення коефіцієнтів, відомі багатовимірні закони розподілу. Найпростіші результати отримані для випадку, коли випадковий процес є марковським ланцюгом [1].

Загальну схему асимптотичного методу розглянемо на моделі, що описується системою різницевих рівнянь

$$x_{n+1} = x_n + \mu F(n, x_n, \xi_n), (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

де μ — малий параметр, ξ_n — випадковий процес з відомими багатовимірними щільностями розподілу

$$P_1(n, \xi), P_2(n, n_1, \xi, \xi_1), P_3(n, n_1, n_2, \xi, \xi_1, \xi_2) \dots \quad (2)$$

Вектор $F(n, x, \xi)$ вважається достатньо кількість разів диференційованим по x та інтегрованою по ξ в області D

$$D = \{n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots; \|x\| < \infty, |\xi| < \infty\} \quad (3)$$

Шукаємо випадковий розв'язок x_n у вигляді асимптотичного розкладу по степеням параметру

$$x_n = y_n + \sum_{k=1}^N \mu^k \psi_k(n, y_n, \xi_n) + O(\mu^{N+1}) \quad (4)$$

де y_n — математичне сподівання випадкового розв'язку x_n

$$y_n = E\{x_n\}, (n = 0, 1, 2, \dots)$$

{■} — символ математичного сподівання. Вважаємо, що

$$\langle \psi_k(n, y_n, \xi_n) \rangle \equiv 0, (k = 1, \dots, N; n = 0, 1, 2, \dots) \quad (5)$$

Шукаємо детерміновану систему різницевих рівнянь, якій задовольняє вектор y_n

$$y_{n+1} = y_n + \sum_{k=1}^N \mu^k \Phi_k(n, y_n) + O(\mu^{N+1}) \quad (6)$$

Підставляючи розклади (4) та (6) в систему (1), приходимо до системи рівнянь

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^N \mu^k \Phi_k(n, y_n) + \sum_{k=1}^N \mu^k \Phi_k(n+1, y_n) + \sum_{s=1}^N \mu s \Phi_s(n, y_n) \xi_{n+1} = \\ = \sum_{k=1}^N \mu^k \Phi_k(n, y_n, \xi_n) + \mu F(n, y_n) + \sum_{k=1}^N \mu^k \Phi_k(n, y_n, \xi_n), \xi_n) + \\ O(\mu^{N+1}) \end{aligned} \quad (7)$$

Прирівнюючи коефіцієнти при однакових степенях параметру приходимо до системи різницьових рівнянь виду:

$$\begin{aligned} \psi_1(n+1, y_n, \xi_{n+1}) - \psi_1(n, y_n, \xi_n) + \Phi_1(n, y_n) = F(n, y_n, \xi_n) \\ \psi_k(n+1, y_n, \xi_{n+1}) - \psi_k(n, y_n, \xi_n) + \Phi_k(n, y_n) = F(n, y_n, \xi_n), \\ (k = 2, \dots, N) \end{aligned} \quad (8)$$

де $F(n, y_n, \xi_n)$ — відомий вектор, що виражається через $\Phi_j(n, y_n)$, $\psi_j(n, y_n, \xi_n)$ ($j = 1, 2, \dots, k-1$).

З системи рівнянь (8) та умови (5) знаходимо:

$$\begin{aligned} \Phi_1(n, y_n) = \langle F(n, y_n, \xi_n) \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} F(n, y_n, \xi_n) P(n, \xi) d\xi \\ \Phi_k(n, y_n) = \langle F(n, y_n, \xi_n) \rangle, (k = 2, \dots, N) \end{aligned} \quad (9)$$

В другому наближенні матимемо систему різницьових рівнянь:

$$\begin{aligned} \psi_2(n+1, y_n, \xi_{n+1}) - \psi_2(n, y_n, \xi_n) + \Phi_2(n, y_n) = \\ = \frac{DF(n, y_n, \xi_n)}{Dy_n} \psi_1(n, y_n, \xi_n) - \frac{D\psi_1(n+1, y_n, \xi_{n+1})}{Dy_n} \Phi_1(n, y_n) \end{aligned} \quad (10)$$

Із (10) знаходимо:

$$\Phi_2(n, y_n) = E \left\{ \frac{DF(n, y_n, \xi_n)}{Dy_n} \psi_1(n, y_n, \xi_n) \right\}.$$

З першого рівняння (8) знаходимо:

$$\begin{aligned} \psi_1(n, y_n, \xi_n) = \sum_{s=0}^{n-1} (F(s, y_s, \xi_s) - \Phi_1(s, y_s)), \psi_1(0, y_0, \xi_0) \equiv 0, \\ \Phi_2(n, y_n) = E \left\{ \frac{DF(n, y_n, \xi_n)}{Dy_n} \sum_{s=0}^{n-1} (F(s, y_s, \xi_s) - \Phi_1(s, y_s)) \right\} \end{aligned} \quad (11)$$

$$= \sum_{s=0}^{n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} P(n, s, \xi, \eta) \frac{DF(n, y_n, \xi)}{Dy_n} (F(s, y_n, \eta) - \Phi_1(s, y_s)) d\xi d\eta$$

Аналогічно знаходяться інші вектори $\Phi_k(n, y_n)$, ($k = 3, \dots, N$) [2].

Асимптотичний метод спрощується для системи лінійних різницевих рівнянь

$$x_{n+1} = x_n + \mu A(n, \xi_n) x_n \quad (12)$$

де $A(n, \xi_n)$ — матриця, що залежить від випадкового процесу ξ_n . Випадковий розв'язок x_n шукається у вигляді асимптотичного розкладу по степеням параметру μ

$$x_n = y_n + \sum_{k=1}^{\infty} \mu^k \psi_k(n, \xi_n) y_n \quad (13)$$

де y_n — математичне сподівання вектору x_n . При цьому виконані умови

$$E\{\psi_k(n, \xi_n)\} \equiv 0 \quad (14)$$

Ми шукаємо систему різницевих рівнянь, якій задовольняє вектор $y_n = E\{x_n\}$

$$y_{n+1} = y_n + \sum_{k=1}^{\infty} \mu^k \beta_k(n) y_n \quad (15)$$

Підставляючи розклади (13) та (15) в систему різницевих рівнянь (12), отримаємо систему рівнянь

$$(I + \sum_{k=1}^{\infty} \mu^k \psi_k(n+1, \xi_{n+1})) (I + \sum_{k=1}^{\infty} \mu^k \beta_k(n)) = (I + \mu A_k(n, \xi_n)) (I + \sum_{k=1}^{\infty} \mu^k \psi_k(n, \xi_n)), \quad (16)$$

яка розпадається на нескінчену систему лінійних матричних різницевих рівнянь

$$\begin{aligned} \psi_1(n+1, \xi_{n+1}) - \psi_1(n, \xi_n) + B_1(n) &= A(n, \xi_n) \\ \psi_k(n+1, \xi_{n+1}) - \psi_k(n, \xi_n) + B_k(n) &= \sum_{s=1}^{k-1} \psi_s(n+1, \xi_{n+1}) B_{k-s}(n) = \\ &= A(n, \xi_n) \psi_{k-1}(n, \xi_n) \quad (k = 2, 3, \dots) \end{aligned} \quad (17)$$

З системи рівнянь (17) знаходимо матриці $B_k(n)$ ($k = 1, 2, \dots$):

$$B_1(n) = \langle A(n, \xi_n) \rangle,$$

$$B_k(n) = \langle A(n, \xi_n) \psi_{k-1}(n, \xi_n) \rangle, (k = 2, 3, \dots) \quad (18)$$

які виражені через математичне сподівання від відомих матриць. Для знаходження $B_k(n)$ необхідно знати k – мірну щільність ймовірності. Зокрема, маємо формули

$$B_1(n) = E\{A(n, \xi_n)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} A(n, \xi) P_1(n, \xi) d\xi \quad (19)$$

При $\psi_1(0, \xi_0) \equiv 0$, знаходимо з першого рівняння (17) системи:

$$\psi_1(n, \xi_n) = \sum_{s=0}^{n-1} (A(s, \xi_s) - B_1(s)).$$

Це дозволяє обчислити $B_2(n)$

$$\begin{aligned} B_2(n) &= \langle A(n, \xi_n) \sum_{s=0}^{n-1} (A(s, \xi_s) - B_1(s)) \rangle = \\ &= \sum_{s=0}^{n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} P(n, s, \xi, \eta) A(n, \xi) (A(n, \eta) - B_1(s)) d\xi d\eta \quad (20) \end{aligned}$$

Аналогічно можуть бути обчислені $B_k(n)$ ($k = 3, 4, \dots$).

Нехай відомі значення для випадкового процесу $\xi_n, \xi_{n_1}, \xi_{n_s}$:

$$P_k(n), P_{k,k_1}(n, n_1), \dots, P_{k,k_1,\dots,k_s}(n, n_1, n_2, \dots, n_s)$$

При цьому формули (19), (20) заміняться іншими

$$B_1(n) = \sum_{k=1}^q A(n, \theta_k) P_k(n)$$

$$B_2(n) = \sum_{s=0}^{n-1} \sum_{k,l=1}^q A(n, \theta_k) (A(s, \theta_l) - B_1(s)) P_{kl}(n, s) \quad (21)$$

Наведемо розрахункові формули для обчислення математичних сподівань у випадку, коли ξ_n є скінчено значним марковським ланцюгом, який приймає значення θ_k ($k = 1, \dots, q$) з ймовірностями $P_k(n)$

$$P_k(n) = P\{\xi_n = \theta_k\}, (k = 1, \dots, q) \quad (22)$$

Вважаємо, що вектор ймовірностей, задовольняє системі рівнянь:

$$P(n+1) = \Pi(n)P(n), p(n) = \begin{pmatrix} P_1(n) \\ \vdots \\ P_q(n) \end{pmatrix} \quad (23)$$

Елементи $\Pi_{ks}(n)$ матриці $\Pi(n)$ можна розглядати як умовні ймовірності переходу з s -го стану k -ий стан [1]

$$\Pi_{ks}(n) = P\{\xi_{n+1} = \theta_k | \xi_n = \theta_s\}, (k, s = 1, \dots, q) \quad (24)$$

Введемо в розгляд фундаментальну матрицю розв'язків системи різницевих рівнянь (23)

$$N(s, n) = \Pi(s-1)\Pi(s-2)\dots\Pi(n) \quad s > n \quad (25)$$

При цьому вважаємо

$$N(n+1, n) = \Pi(n), N(n, n) = I(n = 0, 1, 2, \dots) \quad (26)$$

Позначимо елементи матриці $N(s, n)$ через $v_{kj}(s, n)$ ($k, j = 1, \dots, q$). Для марковського випадкового ланцюга маємо перехідні ймовірності

$$v_{kj}(s, n) = P\{\xi = \theta_k | \xi_n = \theta_j\}, (k, j = 1, \dots, q) \quad (27)$$

Тому за умови $n \geq n_1 \geq n_2 \geq \dots \geq n_s$ можна обчислити сумісні ймовірності розподілів за формулою

$$P_{k, k_1, \dots, k_s}(n, n_1, n_2, \dots, n_s) = v_{k, k_1}(n, n_1) v_{k_1, k_2}(n_1, n_2) \dots v_{k_{s-1}, k_s}(n_{s-1}, n_s) P_{ks}(n_s) \quad (28)$$

Нехай задана функція від випадкового процесу $a(n, \xi_n)$ ($n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$). Позначимо частинні значення:

$$a(n) = a(n, \theta_k), (k = 1, \dots, q) \quad (29)$$

і знайдемо формулу для пошуку математичного сподівання

$$\langle a(n, \xi_n) a(n_1, \xi_{n_1}) \dots a(n_s, \xi_{n_s}) \rangle =$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{k, k_1, \dots, k_s=1}^q P_{k, k_1, \dots, k_s}(n, n_1, \dots, n_s) a_k(n) a_{k_1}(n_1) \dots a_{k_s}(n_s) \\
&= \sum_{k, k_1, \dots, k_s=1}^q a_k(n) v_{k, k_1}(n, n_1) a_k(n) a_{k_1}(n_1) \dots \\
&v_{k_{s-1}}(n_{s-1}, n_s) a_{k_s}(n_s) \\
&P_{k_s}(n_s) \tag{30}
\end{aligned}$$

Формулу (30) можна записати через діагональні матриці:

$$A(n) = \begin{pmatrix} a_1(n) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_2(n) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & a_q(n) \end{pmatrix} \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

і вектор $C(1 \ 1 \ \dots \ 1)$, $\dim C = q$:

$$\begin{aligned}
&E\{a(n, \xi_n) a(n_1, \xi_{n_1}) \dots a(n_s, \xi_{n_s})\} = \\
&CA(n)N(n, n_1)A(n_1) \dots N(n_{s-1}, n_s)A(n_s)P(s) \tag{31}
\end{aligned}$$

Якщо марковський ланцюг є однорідним, тобто матриця $\Pi(n) = \Pi$ в системі різницевих рівнянь (23) є сталою, то

$$\begin{aligned}
&\{a(n, \xi_n) a(n_1, \xi_{n_1}) \dots a(n_s, \xi_{n_s})\} = \\
&CA(n)\Pi^{n-n_1}A(n_1) \dots \Pi^{(n_{s-1}-n_s)}A(n_s)P(s), \quad n \geq n_1 \geq n_2 \geq \dots \geq n_s
\end{aligned}$$

Модельна задача. Дослідимо ситуацію з кількістю хворими на СОВІД в деякому місці на при кінці 2020 року, яка описується різницеvim рівнянням першого порядку:

$$x_{n+1} = x_n + \mu a(\xi_n) x_n \tag{32}$$

де випадковий процес ξ_n може приймати 2 стани. В першому стані кількість активних хворих є додатним числом, а в другому стані від'ємним числом. Активно хворими особами прийнято вважати різницю між кількістю осіб, що захворіли і тих хто вилікувався, і, як не було би сумно, померлі. Система стрибком може переходити

із одного стану в інший. Функція a , яка залежить від випадкового процесу приймає два значення a_1, a_2 з ймовірностями $P_1(n), P_2(n)$, які задовольняють з огляду марковськості описаної ситуації наступну систему рівнянь

$$\begin{aligned} P_1(n+1) &= (1-\alpha)P_1(n) + \beta P_2(n), \\ P_2(n+1) &= \alpha P_1(n) + (1-\beta)P_2(n), \end{aligned} \quad (33)$$

де $0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1$ і $0 < \alpha + \beta < 2$.

Вважаючи

$$\Pi = \begin{pmatrix} 1-\alpha & \beta \\ \alpha & 1-\beta \end{pmatrix},$$

знаходимо функцію від матриці Π [3]

$$\Pi^n = \frac{1}{\alpha+\beta} \begin{pmatrix} \beta & \beta \\ \alpha & \alpha \end{pmatrix} + \frac{(1-\alpha-\beta)^n}{\alpha+\beta} \begin{pmatrix} \alpha & -\beta \\ -\alpha & \beta \end{pmatrix} \quad (34)$$

Знаходимо розв'язок рівняння (33) у вигляді:

$$x_n = y_n + \mu \psi_1(n, \xi_n) y_n + \mu^2 \psi_2(n, \xi_n) y_n + \dots, \quad (35)$$

де $y_n = \langle x_n \rangle$ задовольняє детермінованому різницевому рівнянню:

$$y_{n+1} = y_n + \mu B_1(n) y_n + \mu^2 b_2(n) y_n \quad (36)$$

Позначимо $a_k = a(\theta_k) (k = 1, 2), P_1 = \frac{\beta}{\alpha+\beta}, P_2 = \frac{\alpha}{\alpha+\beta}$, за (21):

$$b_1(n) = \langle a(\xi_n) \rangle = a_1 P_1 + a_2 P_2 = \frac{a_1 \beta + a_2 \alpha}{\alpha + \beta} = b_1 \quad (37)$$

З різницевого рівняння $\psi_1(n+1, \xi_{n+1}) - \psi_1(n, \xi_n) + b_1(n) = a(\xi_n)$ знаходимо при $\psi_1(0, \xi_0) \equiv 0$ вираз для функції $\psi_1(n, \xi_n)$

$$\psi_1(n, \xi_n) = \sum_{s=0}^{n-1} (a(\xi_s) - b_1).$$

Обчислюємо коефіцієнт $b_2(n)$ за формулою (32):

$$b_2(n) = \langle a(\xi_n) \sum_{s=0}^{n-1} (a(\xi_s) - b_1) \rangle = CA(\Pi^{n-1} + \Pi^{n-2} + \dots + \Pi)(A - b_1E)P,$$

де $A = \begin{pmatrix} a_1 & 0 \\ 0 & a_2 \end{pmatrix}$, $P = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \end{pmatrix} = \frac{1}{\alpha+\beta} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}$, $C = (1 \quad 1)$.

Використовуючи формулу (35) отримаємо

$$b_2(n) = \frac{(a_1 - a_2)^2 \alpha \beta}{(\alpha + \beta)^3} (1 - \alpha - \beta - (1 - \alpha - \beta)^n),$$

$$b_2 = \lim_{n \rightarrow \infty} b_2(n) = \frac{(a_1 - a_2)^2 \alpha \beta}{(\alpha + \beta)^3} (1 - \alpha - \beta).$$

Різницеве рівняння (37) приймає вигляд

$$y_{n+1} = (1 + \mu \frac{a_1 \beta + a_2 \alpha}{\alpha + \beta} + \mu^2 \frac{(a_1 - a_2)^2 \alpha \beta (1 - \alpha - \beta)}{(\alpha + \beta)^3} + O(\mu^3)) y_n. \quad (38)$$

З рівняння (38) випливає, що нульовий розв'язок різницевого рівняння (32) з випадковими коефіцієнтами буде стійкий в середньому, якщо виконана умова

$$\mu \frac{a_1 \beta + a_2 \alpha}{\alpha + \beta} + \mu^2 \frac{(a_1 - a_2)^2 \alpha \beta (1 - \alpha - \beta)}{(\alpha + \beta)^3} + O(\mu^3) < 0, |\mu| > 0. \quad (39)$$

Якщо вважати перехід із одного стану в інший рівно ймовірним, то дістанемо умову $\mu \left(\frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{2} \right) < 0$ стійкості стану ситуації із захворюваності в тому чи іншому місті. Значення a_1, a_2, α, β задаються, враховуючи офіційні статистичні дані.

Покажемо, що рівняння (38) можна знайти за допомогою моментних рівнянь [4]. Для частинних моментів $m_k(n)$ першого порядку матимемо систему різницевих рівнянь:

$$m_1(n+1) = (1 - \alpha)(1 - \mu a_1) m_1(n) + \beta(1 + \mu a_2) m_2(n),$$

$$m_2(n+1) = \alpha(1 + \mu a_1) m_1(n) + (1 - \beta)(1 + \mu a_2) m_1(n). \quad (40)$$

Вводимо змінні $m(n) = m_1(n) + m_2(n)$, $v(n) = \frac{\beta m_2(n) - \alpha m_1(n)}{\alpha + \beta}$.

Отримаємо систему різницевих рівнянь:

$$\begin{aligned}
m(n+1) &= m(n) + \mu \frac{a_1\beta + a_2\alpha}{\alpha + \beta} m(n) + \mu(a_2 - a_1)v(n), \\
v(n+1) &= \mu(a_1 - a_2) \frac{\alpha\beta(\beta + \alpha - 1)}{(\alpha + \beta)^2} m(n) + (1 - \alpha - \beta)(1 + \\
&\quad \mu \frac{a_1\beta + a_2\alpha}{\alpha + \beta})v(n)
\end{aligned} \tag{41}$$

В першому наближенні знаходимо інтегральний многовид розв'язків системи (42)

$$v(n) = \mu(a_1 - a_2) \frac{\alpha\beta(\beta + \alpha - 1)}{(\alpha + \beta)^2} m(n) + O(\mu^2)$$

і для змінної $m(n)$ знаходимо рівняння:

$$m(n+1) = \left(1 + \mu \frac{a_1\beta + a_2\alpha}{\alpha + \beta} + \mu^2 \frac{(a_1 - a_2)^2 \alpha\beta(1 - \alpha - \beta)}{(\alpha + \beta)^3} + O(\mu^3) \right) m(n),$$

яке співпадає з рівнянням (39).

Потрібно відмітити, що застосування моментних методів [8] до нелінійної системи різницевих рівнянь досліджено, знайдено умови стійкості, але застосування для реальних задач досить громіздко. З урахуванням чисельних методів та засобів комп'ютерної математики такі спроби були зроблено і вони досить вдалі [21].

Висновки. Таким чином, дослідження стійкості в середньому і середньому квадратичному розв'язків диференціального рівняння (1) з коефіцієнтами, які залежать від дискретного марковського процесу, завдяки використанню моментних рівнянь, викладених в [6], вдалося звести до розв'язуванню систем звичайних диференціальних рівнянь. Отриманий підхід застосовано до побудови та аналізу умов стійкості відновлення населення в умовах пандемії.

Бібліографічні посилання

1. Валеев К.Г., Джалладова И.А. Исследование устойчивости решенной системы линейных разностных уравнений со случайными. ДАН України. 2006. № 6. С. 7-9
2. Валеев К.Г., Стрижак. О.Л. Метод моментных уравнений АН УССР, Ин-т электродинамики К., 1985. 56 с.
3. Валеев К.Г., Джалладова И.А. Оперативное численна та його застосування. К.: КНЕУ, 2003. 295 с.

4. Валеев К.Г., Джалладова I.A. Оптимізація випадкових процесів. К.: КНЕУ, 2006. 310 с.
5. Doob D. L. Martingals and one — dimensional diffusion. TAMS. 1955. 78. P. 168 — 208.
6. Джалладова I. A. Оптимизация стохастических систем: монография. К.: КНЕУ, 2005. 221 с.
7. Джалладова I. A. Условия существования асимптотических систем для уравнений с запаздыванием. Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Серія: Кибернетика. 2007. № 7. С. 54—56.
8. Dzhalladova I. A. Research stability of solutions of the systems linear with random coefficient. Studies of the university of Zilina MATHEMATICAL SERIES Zilina, Slovak Republik., Vol. 23/2009. P. 37-43.
9. Dzhalladova I.A., Ruzickova M., Michalkova M. Modeling of applied problems by stochastic systems and their analysis using the moment equations. Adv. Difference Eq. 2013, 2013:152. URL: <https://doi.org/10.1186/1687-1847-2013-152>
10. Dzhalladova I.A. Moment Equations in Modeling a Stable Foreign Currency Exchange Market in Conditions of Uncertainty. Abstract and Applied Analysis vol. 2013, URL: <https://doi.org/10.1155/2013/172847>
11. Dzhalladova I. A. Differential and Difference Equations with applications. Springer Proceeding in Mathematics & Statistics. Vol. 47, 2013. 560 p.
12. Зубов В.И. Интерполяция и аппроксимация вероятностных распределений. ДАИ СССР. 1991. Т. 316, № 6. С. 1298—1301.
13. Кац И.Я., Красовський Н.Н. Об устойчивости систем со случайными параметрами. Прикладная математика и мех. 1960. т.24. №5. С. 809—823.
14. Мартынюк А.А. Практическая устойчивость движения. Киев, Наукова думка, 1983. 248 с.
15. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. Л.: Судпромгиз, 1961. 252 с.
16. Скороход А.В. Случайные процессы с независимыми приращениями. М.: Наука, 1964, 280 с.
17. Скороход А.В. Асимптотические методы в теории стохастических дифференциальных уравнений. К: Наукова думка, 1987. 328 с.
18. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. М.: Сов.радио, 1977. 488 с.
19. Царьков Е.Ф. Марковские возмущения параметров линейных дифференциальных уравнений. Эргодические теоремы и марковские процессы. Киев, 1967. 56 с
20. Человек и Наука. URL: <http://cheloveknauka.com>
21. Dzhalladova I., Růžicková M. A Dynamical System with Random Structure and their Applications. Cambridge Scientific Publishers 2020, 244 pp.

Статтю подано до редакції 20.10.2020

Домінова І. В., к.е.н.,
доцент кафедри банківської справи та страхування
Кисіль Т. М.,
асистент кафедри інформатики та системології
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Dominova I. V., PhD in Economics,
Associate Professor of Banking and Insurance
Kysil T. M.,
Assistant Professor of Informatics and Systemology,
SHEI KNEU named after V. Hetman

ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЙМОВІРНОСТІ БАНКРУТСТВА БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ УКРАЇНИ

ASSESSMENT AND FORECASTING OF THE PROBABILITY OF BANKRUPTCY OF BANKING INSTITUTIONS OF UKRAINE

Анотація. У даній статті розглянуто модель динамічної нормативно-індексної оцінки ймовірності банкрутства банківських установ України з урахуванням особливостей їх функціонування, що ґрунтується на авторському методологічному підході. Згідно з цим підходом, для оцінки ймовірності банкрутства проводиться підбір абсолютних і відносних показників з метою визначення нормативних співвідношень між темпами зростання, розрахунку інтегрального показника ймовірності банкрутства та рівня банкрутства за трьома групами ризику.

Проведене наукове дослідження та отримані результати, які наведені в статті, є актуальними для банків різних груп і різних форм власності. Практична апробація динамічної нормативно-індексної моделі перевірено на п'яти банках України, а саме АТ КБ «ПриватБанк», ПАТ «ПУМБ», АТ «Ощадбанк», АТ «А-БАНК» і КБ БАНК «ГЛОБУС». За даними поданої фінансової звітності сформовано фактичне співвідношення показників залежно від етапних, на основі яких розраховуються темпи зростання поточного 2020 звітного періоду залежно від попереднього 2019 звітного періоду.

Запропонований підхід дозволяє своєчасно виявити загрози банкрутств і своєчасно вжити відповідні заходи по їх реабілітації для підвищення рівня фінансової стійкості та запобігання можливих процедури ліквідації банків, що значно підвищить стабільність і збалансованість вітчизняного банківського сектору в цілому. У подальшому розроблена авторами модель значно підвищить фінансову стійкість банків і їх ефективний розвиток, забезпечить високу точність оцінки ймовірності банкрутств і встановлення рівня ризику банкрутства.

Побудова та практична реалізація даної моделі для оцінки рівня ймовірності банкрутства дає змогу зробити висновки стосовно доцільності практичного застосування цього підходу для вітчизняних банків. Доведено, що нормативно-індексну модель варто використовувати як для оцінки ймовірності банкрутства окремої банківської установи, так і для оцінки загального рівня ризику банкрутства в цілому по банківській системі. Оскільки використання цієї моделі дозволяє не лише оцінити стан функціонування системи управління ризиками за конкретний період часу,

але й дає змогу, на основі отриманих даних, спрогнозувати ймовірні проблеми банку в майбутньому.

Новими науковими результатами публікації є модернізована модель динамічної нормативно-індексної оцінки ймовірності банкрутства, що стане основою функціональних блоків реалізованої інтелектуальної банківської системи, яка буде надавати прогноз ймовірності банкрутства на майбутні звітні періоди з врахуванням вхідних і вихідних показників, проміжних і загальних результатів, як на ранніх, так і кінцевих стадіях банкрутства.

Ключові слова: банківська система; банкрутство; оцінка банкрутства; фінансова звітність; рейтинг банків; абсолютні показники; відносні показники; нормативно-індексна модель; нелінійний динамічний норматив; темпи зростання; рівень банкрутства; прогнозування банкрутства; база даних; база знань; інтелектуальна система.

Abstract. This article considers the model of dynamic normative-index assessment of the probability of bankruptcy of banking institutions of Ukraine, taking into account the peculiarities of its features, based on the author's methodological approach. According to this approach, the choice of absolute and relative indicators is made to assess the probability of bankruptcy, in order to determine the regulatory ratio between rates of growth, calculation of the integrated index of the probability of bankruptcy and the level of bankruptcy for the three risk groups.

The research was conducted and the results were obtained, they are presented in the article, are relevant for banks of different groups and different forms of ownership. Practical approbation of the dynamic of the normative-index model was tested within five banks of Ukraine, namely JSC CB PrivatBank, PJSC FUIB, JSC OschadBank, JSC A-BANK and CB BANK GLOBUS. According to the submitted financial statements, the actual ratio of indicators is formed depending on the reference relatives, on the basis of which the rates of growth of the current 2020 reporting period are calculated depending on the previous 2019 reporting period.

The proposed approach allows to detect bankruptcy threats and provide suitable measures timely to rehabilitate them to increase financial stability and prevent possible liquidation procedures, which will significantly increase the stability and balance of the banking sector overall the country. In the future, the authors-developed model will significantly increase the financial stability of banks and their effective development, ensure high accuracy in assessing the probability of bankruptcy and establish the level of bankruptcy risk.

The construction and practical implementation of this model for assessment the level of probability of bankruptcy allows us to draw conclusions about the feasibility of practical application of this approach in domestic banks. It is proved that the normative-index model should be used both to assess the probability of bankruptcy of an individual banking institution and for assessment the overall level of bankruptcy risk in the banking system as a whole. As far as the usage of this model allows not only to assess the state of functioning of the risk management system for a specific period of time, but also allows to predict the probable problems on the basis of the obtained data of the bank in the future.

The new scientific results of the publication are the modernized model of dynamic normative-index assessment of bankruptcy probability, which is presented in the article, will become the basis of functional blocks of the implemented intelligent banking system, which will provide a forecast of bankruptcy probability for future reporting periods taking into account the input and output indicators, intermediate and general results both in the early and final stages of bankruptcy.

Keywords: banking system; bankruptcy; bankruptcy assessment; Financial Statements; bank rating; absolute indicators; relative indicators; normative-index model; nonlinear dynamic norm; growth rate; level of bankruptcies; bankruptcy forecasting; Database; knowledge base; intelligent system.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Проблема діагностики банкрутств банківських установ залишається актуальною для вітчизняного банківського сектору. З кожним роком усе більше банків зазнають негативного впливу різноманітних факторів, які призводять до їх ліквідації та банкрутства. Протягом 2014-2018 років в Україні було виявлено понад 100 проблемних банків: з них понад 70 банків знаходяться у стадії ліквідації, а 25 було ліквідовано за 2019 рік [6]. Зважаючи на економічну та політичну ситуацію країни, постає проблема фінансової стійкості банків, що водночас є важливим як для банкірів, вкладників, так і для інших суб'єктів господарювання, які зацікавлені у співпраці з стійкими і надійними кредитними організаціями.

Нестійкість банківської системи особливо проявилась під час нещодавньої економічної кризи, наслідком чого стало зниження прибутковості та підвищення збитковості фінансово-стійких установ, що призвело до неможливості банків підтримувати власну платоспроможність на достатньому рівні. По цій причині Національним банком України було застосовано певні заходи впливу для підтримки платоспроможності банків і врегулювання стабілізації банківської системи в Україні.

Слід зазначити, що проблеми визнання банківської установи банкрутом, процедура проведення ліквідації та реабілітації банківських установ і нормативне забезпечення цього процесу залишаються мало дослідженими. Також варто відмітити, що дискусійними і не затвердженими залишаються питання вибору методів для підтримки фінансової стійкості банків і їх ефективного розвитку, а запроваджені методи та моделі не забезпечують високу точність оцінок ймовірності банкрутств і їх подальше прогнозування на майбутні звітні періоди. Практично всі існуючі методики визначають стан банку тільки на один звітний період без врахування попередньо набутого досвіду і не враховують характер зміни основних фінансових показників у часі. Дані методики швидше констатують факт банкрутства або його відсутності, а не прогнозують його на майбутні періоди. Саме тому, в рамках даного дослідження розроблена методика діагностики банкрутств банківських установ, яка включає аналіз найважливіших напрямів його діяльності та може бути доступною для всіх зацікавлених суб'єктів фінансового ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням існуючих методів і моделей прогнозування банкрутства займаються зарубіжні та вітчизняні вчені. Найповніше узагальнення методів і моделей оцінки кредитних ризиків банкрутств, у тому числі

ранніх діагностик банкрутств, можна знайти в дослідженнях Bluhm С., Overbeck, L, та Wagner, С. Детальні аналізи рейтингових моделей, що застосовуються наглядовими органами різних країн, наведено в Sahajwala R., Bergh P. У роботах Пугановскої Т.І., Галяміна А.В. аналізуються зарубіжні дослідження в області моделювання банкрутств на підприємствах, засновані на класичних статистичних методах. У працях Кошелюк проведено аналіз емпіричних досліджень з оцінки надійності комерційних банків. Різні моделі оцінки ймовірності банкрутств можуть відрізнятися залежно від використовованого математичного апарату; вихідних даних або класів кредиторів; критерію дефолту, що лежить в основі; передумов, на яких та чи та модель ґрунтується, або інших ознак.

Переважає більшість теоретичних підходів комплексної оцінки банківських ризиків досліджуються у працях вітчизняних і зарубіжних учених-економістів: В. Бауера, М. Енгстлера, Б. Кінга, К. Скіннера, Дж. Сінкі, Д. Шпата, Д. Гафурової, С. Єгоричевої, Л. Кузнєцової, Г. Карчевої [2], Л. Ляміна, Н. Пантелеєвої, Л. Примостки [9, 10], П. Ревенкова, В. Сидоренка, Н. Циганової, Т. Шалиги та інших.

Виділення невирішених раніше задач. Значна перевага надається статистичним моделям діагностики банкрутств, але суттєвим недоліком таких моделей є неможливість їх застосування у вітчизняних умовах при відсутності якісних факторів розвитку комерційних банків. У дослідженні Кармінського А.М., Кострова А.В., Мурзенкова Т.Н. проведено оцінку впливу макроекономічних та інституційних чинників, а також ймовірність дефолту банку за різними часовими факторами (logit-модель); приведено альтернативні моделі (Z-індекса, методи нечіткої логіки, нейромережеві методи та ін.), застосування яких привели до точнішого прогнозування ризиків банкрутств.

На даний час нейромережеве моделювання забезпечує найвищу точність прогнозування ймовірності банкрутств банківських установ. Для впровадження нейромережевих моделей прогнозування потрібна реалізація інтелектуальних банківських систем, що забезпечать високу точність прогнозування для своєчасного виявлення ризиків банкрутств і прийняття заходів їх запобігання.

Формулювання цілей статті. Перед авторами поставлена задача: дослідити комплексну оцінку прогнозування ймовірності банкрутств банківських установ на основі модернізованої нормативно-індексної моделі з врахуванням абсолютних і відносних показників, які формуються за результатами поданої

фінансової звітності НБУ; проаналізувати та оцінити ймовірність банкрутства за запропонованою методикою на п'яти банках України різних груп і різних форм власності, а саме АТ КБ «ПриватБанк», ПАТ «ПУМБ», АТ «Ощадбанк», АТ «А-БАНК» і КБ БАНК «ГЛОБУС».

Виклад основного матеріалу. В основі досліджень даної методики прийнято показники, які використовуються Національним банком України, рейтинговими агентствами та деякими авторськими методиками аналізу офіційної фінансової стійкості комерційних банків. У цій статті авторами запропоновано модель для визначення оцінки ймовірності банкрутства банківських установ України на основі нелінійного динамічного нормативу, в якій на першому етапі відібрано коефіцієнти та показники, за допомогою яких здійснюється діагностика фінансових станів їх діяльності. Другим етапом дослідження є визначення економічної інтерпретації співвідношень між темпами зростання показників різних звітних періодів [10]. Для розрахунку кількісних параметрів ймовірності банкрутства банку використовуємо низку показників, які можна умовно розділити на 3 основні групи:

Показники економічної ефективності діяльності банків і їх стабільності (1, 2, 3 та 4 показники).

Показники якості управління ризиком ліквідності (5, 7 та 8 показники).

Показники якості управління кредитним ризиком (6 показник).

Наголосимо, що обрані показники дозволяють оцінити ймовірність банкрутств банків, однак для точнішого аналізу пропонується збільшення кількості аналітичних коефіцієнтів (табл. 1).

Таблиця 1

**АНАЛІТИЧНІ КОЕФІЦІЄНТИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ
ОЦІНКИ ЙМОВІРНОСТІ БАНКРУТСТВ БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ.**

№ з/п	Назва показника	Алгоритм розрахунку	Нормативні зміни співвідношень	Нормативні співвідношення між темпами росту
1.	Рентабельність власного капіталу	ЧП/ВК	Збільшення	$У_{чп} > У_{вк}$
2.	Рентабельність активів	ЧП/А	Збільшення	$У_{чп} > У_{а}$
3.	Мультиплікатор капіталу	А/ВК	Зменшення	$У_{а} < У_{вк}$
4.	Коефіцієнт достатності капіталу	ВК/ЧА	Збільшення	$У_{вк} > У_{ча}$

Закінчення табл. 1

№ з/п	Назва показника	Алгоритм розрахунку	Нормативні зміни співвідношень	Нормативні співвідношення між темпами росту
5.	Частка довгострокових депозитів у зобов'язаннях банку	ДД/З	Збільшення	$У_{ДД} > У_З$
6.	Якість кредитного портфеля	НК/КП	Зменшення	$У_{НК} < У_{КП}$
7.	Норматив миттєвої ліквідності	Ав/Пз	Збільшення	$У_{Ав} > У_{Пз}$
8.	Питома вага високоліквідних активів у активах загальних	Ав/А	Збільшення	$У_{Ав} > У_А$

Джерело: розроблено авторами

На наступному етапі визначається система показників (абсолютних і відносних), які включені до розрахунку динамічного нормативу, за допомогою яких визначається точніша й ефективніша оцінка ймовірність банкрутств комерційних банків (табл. 2).

Таблиця 2

АБСОЛЮТНІ ТА ВІДНОСНІ ПОКАЗНИКИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НОРМАТИВНОЇ ОЦІНКИ ЙМОВІРНОСТІ БАНКРУТСТВА БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ

№ гр.	Абсолютні показники	Відносні показники
1	2	3
1	Власний капітал (ВК) — сума власного капіталу банку $У_{ВК} = \sum_{k=1}^4 x_k$	
		Статутний капітал (x_1)
		Резервні та інші фонди банку (x_2)
		Резерви переоцінки (x_3)
		Нерозподілений прибуток (непокритий збиток) (x_4)
2	Чистий прибуток (ЧП) — прибуток після сплати податків $У_{ЧП} = \sum_{k=5}^9 x_k - \sum_{k=10}^{12} x_k$	
		Чистий процентний дохід (x_5)
		Чистий комісійний дохід (x_6)
		Торговий результат (x_7)
		Інші операційні доходи (x_8)

Продовження табл. 2

№ гр.	Абсолютні показники	Відносні показники
1	2	3
		Інші доходи (x ₉)
		Відрахування до резервів (x ₁₀)
		Адміністративні та інші операційні витрати (x ₁₁)
		Витрати на податок на прибуток (x ₁₂)
3	Активи банку (А) — сума всіх активів банку $Y_A = \sum_{k=13}^{20} x_k$	
		Грошові кошти та їх еквіваленти (x ₁₃)
		Фінансові активи, що обліковуються за справедливою вартістю через прибуток або збиток (x ₁₄)
		Основні засоби (x ₁₅)
		Кошти в інших банках (x ₁₆)
		Кредити та заборгованість клієнтів (x ₁₇)
		Цінні папери, які обліковуються за справедливою вартістю (x ₁₈)
		Цінні папери, які обліковуються за амортизованою собівартістю (x ₁₉)
		Інші фінансові активи (x ₂₀)
4	Чисті активи банку (ЧА) — чисті активи банку $Y_{ЧА} = \sum_{k=13}^{20} x_k - x_{21}$	
		Грошові кошти та їх еквіваленти (x ₁₃)
		Фінансові активи, що обліковуються за справедливою вартістю через прибуток або збиток (x ₁₄)
		Основні засоби (x ₁₅)
		Кошти в інших банках (x ₁₆)
		Кредити та заборгованість клієнтів (x ₁₇)
		Цінні папери, які обліковуються за справедливою вартістю (x ₁₈)
		Цінні папери, які обліковуються за амортизованою собівартістю (x ₁₉)
		Інші фінансові активи (x ₂₀)
		Усього резервів (x ₂₁)
5	Довгострокові депозити (ДД) — сума всіх довгострокових депозитів від 1 року $Y_{ДД} = \sum_{k=22}^{23} x_k$	
		Строкові кошти суб'єктів господарювання та небанківських фінансових установ (x ₂₂)
		Строкові кошти фізичних осіб (x ₂₃)

№ гр.	Абсолютні показники	Відносні показники
1	2	3
6	Зобов'язання банку (З) — сума всіх зобов'язань $Y_3 = \sum_{k=24}^{28} x_k$	
		Кошти банків (x_{24})
		Кошти клієнтів (x_{25})
		Інші фінансові зобов'язання (x_{26})
		Інші зобов'язання (x_{27})
	Субординований борг (x_{28})	
7	Кредитний портфель банку (КП) — сума кредитів наданих банком $Y_{КП} = \sum_{k=29}^{30} x_k$	
		Кредитна заборгованість юридичних осіб (x_{29})
		Кредитна заборгованість фізичних осіб (x_{30})
8	Високоліквідні активи (Ав) — високоліквідні активи банку $Y_{Ав} = x_{13} + x_{16}$	
		Грошові кошти та їх еквіваленти (x_{13})
		Кошти в інших банках (x_{16})
9	Поточні зобов'язання банку (Пз) — зобов'язання банків на вимогу $Y_{Пз} = \sum_{k=31}^{32} x_k - x_{24}$	
		Кошти на вимогу фізичних осіб (x_{31})
		Кошти на вимогу юридичних осіб (x_{32})
		Кошти банків (x_{24})
10	Непрацюючі кредити (НК) — безнадійна кредитна заборгованість $Y_{НК}$	

Таблиця 3

**МАТРИЦЯ ЕТАЛОННИХ ПРЕФЕРЕНЦІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ
ЙМОВІРНОСТІ БАНКРУТСТВА БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ**

Абсолютні показники	УчП	УвК	УА	УчА	УдД	Уз	Унк	УкП	УАв	УПз
УчП	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
УвК	-1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
УА	-1	-1	0	0	0	0	0	0	-1	0
УчА	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
УдД	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Уз	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
Унк	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
УкП	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
УАв	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
УПз	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0

Джерело: розроблено авторами

Матриця переваг відображає еталонні співвідношення показників, що включені до моделі оцінки ймовірності банкрутств банків за їх фінансовими станами.

На основі порівняння матриць еталонних і фактичних темпів зростання розрахованих показників визначається інтегральний показник f_{BB} банкрутства банків за формулою [8]:

$$f_{BB} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |d_{ij}|}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |e_{ig}|}$$

де, n — кількість показників у динамічному нормативі;

i, j — номери показників у динамічному нормативі;

e_{ig} — елементи матриці еталонних переваг збігів, який знаходиться на перетині i -го рядка та j -го стовпця;

d_{ij} — елемент матриці збігів, який знаходиться на перетині i -го рядка та j -го стовпця.

Враховуючи результати розрахунків інтегрального показника (коли значення показника ближче до 1, тоді нижча загроза банкрутства банку), визначається рівень ймовірності банкрутства $P_{(BB)n}$ за конкретний звітний період:

$$P_{(BB)n} = \begin{cases} \text{низький, якщо } 1 > f_{BB} > 0,5 \\ \text{високий, якщо } 0,5 > f_{BB} > 0,25 \\ \text{банкрутство, } 0,25 > f_{BB} > 0 \end{cases}$$

Для здійснення практичної апробації поданої нелінійної динамічної нормативно-індексної моделі ймовірність банкрутства, обрано 5 банків України з різними рейтингами [7] їх фінансової діяльності, різних груп і різною формою власності, а саме:

— АТ КБ «ПриватБанк»;

— ПАТ «ПУМБ»;

— АТ «Ощадбанк»;

— АТ «А-БАНК»;

— КБ БАНК «ГЛОБУС».

За даними поданої фінансової звітності банків, сформовано фактичне співвідношення обраних показників залежно від еталонних значень і розраховано темпи їх зростання за поточний і попередній періоди (табл. 4). Темпи зростання абсолютних показників розраховуються за формулою:

$$y_n = \frac{y_{nk}}{y_{nk-1}}$$

де y_n — абсолютний показник відповідної групи;
 k — поточний звітний період банківської установи;
 k_{n-1} — попередній звітний період.

Таблиця 4

**ТЕМПИ ЗРОСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ
ЙМОВІРНОСТІ БАНКРУТСТВ БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ**




№ гр.	Абсолютні показники	Темпи зростання станом на 01.01.2020 року в залежності від попереднього звітного періоду 01.01.2019				
		Приватбанк	ПУМБ	Ощадбанк	А-банк	Глобус
1	Власний капітал: y_1	1,734	1,442	1,054	1,015	1,006
2	Чистий прибуток: y_2	2,548	1,296	1,573	0,465	2,280
3	Активи банку: y_3	1,110	1,119	1,149	1,310	1,502
4	Чисті активи банку: y_4	2,102	1,190	1,287	1,170	1,486
5	Довгострокові депозити: y_5	0,902	0,973	1,319	1,447	1,259
6	Зобов'язання банку: y_6	1,047	1,060	1,288	1,422	1,532
7	Кредитний портфель: y_7	1,173	1,207	0,965	1,401	1,013
8	Високоліквідні активи: y_8	1,693	0,910	2,664	1,115	1,192
9	Поточні зобов'язання: y_9	1,178	1,129	1,762	1,224	1,953
10	Непрацюючі кредити: y_{10}	0,986	0,559	0,775	1,310	1,158

Джерело: розраховано авторами

На основі проведених розрахунків формуємо матрицю фактичних преференцій для оцінки ймовірності банкрутства станом на 01.01.2020 року. За отриманими розрахунками станом на 01.01.2020 р. темп зростання чистого прибутку (y_2) КБ «Приват-Банк» становив 2,548, а власний капітал (y_1) — 1,734, то фактично $У_{ЧП} > У_{ВК}$, тоді темп зростання чистого прибутку перевищує темп зростання власного капіталу банку. Тому на перетині рядка 1 та колонки 2 матриці ставимо «1», і навпаки, на перетині колонок 1 та рядка 2 ставимо «-1».

Матрицю збігів фактичних та еталонних співвідношень показників ймовірності банкрутства банківських установ станом на 01.01.2020 року наведено на рис. 1. Наявність пустих клітин вказує на невідповідність еталонних значень фактичним.

Фактичні значення					Еталонні значення	Абсолютні показники	Еталонні значення	Фактичні значення				
Глобус	А-банк	Ощадбанк	ПУМБ	Приватбанк				Приватбанк	ПУМБ	Ощадбанк	А-банк	Глобус
-1		-1		-1	-1	$У_{чп} > У_{ук}$	1	1		1		1
-1		-1	-1	-1	-1	$У_{чп} > У_{а}$	1	1	1	1		1
			1	1	1	$У_{а} < У_{ук}$	-1	-1	-1			
			-1		-1	$У_{ук} > У_{ча}$	1		1			
	-1	-1			-1	$У_{ад} > У_{з}$	1			1	1	
	1	1	1	1	1	$У_{ук} < У_{чп}$	-1	-1	-1	-1	-1	
		-1		-1	-1	$У_{ав} > У_{пз}$	1	1		1		
1	1		1	-1	1	$У_{ав} > У_{а}$	-1	1	-1		-1	-1

 - нормативні зміни темпів спадання  - нормативні зміни темпів зростання  - невідповідність еталонних та фактичних значень

Джерело: сформовано авторами

Рис. 1. Матриця співвідношень фактичних та еталонних значень показників банківських установ.

На основі матриць порівнянь еталонних та фактичних темпів зростання показників ймовірності банкрутства банків розраховується інтегральний показник ймовірності банкрутства $f_{ББ}$ (формула 1) за звітні періоди 2019-2020 рр. Показники обчислюємо шляхом ділення загальної суми елементів матриці відповідних фактичних і еталонних співвідношень на загальну суму елементів матриці динамічного нормативу. Результати розрахунків інтегральних показників і визначення рівнів ймовірності банкрутств обраних банків станом на 01.01.2020 року наведено в табл. 5.

Таблиця 5

ОЦІНКА ЙМОВІРНОСТІ БАНКРУТСТВ БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ СТАНОМ НА 01.01.2020 РОКУ

Назва банку	Значення інтегрального показника $f_{ББ}$	Рівень ймовірності банкрутства $P_{ББ}$
АТ КБ «ПриватБанк»	0,75	низький
ПАТ «ПУМБ»	0,63	низький
АТ «Ощадбанк»	0,63	низький
АТ «А-БАНК»	0,38	високий
КБ БАНК «ГЛОБУС»	0,38	високий

Джерело: сформовано авторами

Отже, на основі отриманих результатів дослідження, відмітимо таке:

1. АТ КБ «ПриватБанк» характеризується низьким рівнем ймовірності банкрутства, насамперед, це пояснюється високим рівнем прибутковості банку, однак значні обсяги непрацюючих кредитів і скорочення обсягів довгострокових ресурсів у майбутньому може негативно відобразитись на стабільності банку.

2. ПАТ «ПУМБ» та АТ «Ощадбанк» також характеризуються низьким рівнем ймовірності банкрутства банку, однак пониження інтегрального показника $f_{\text{ББ}}$ ПАТ «ПУМБ»:

— по-перше, зумовлено за рахунок проведеної докапіталізації банку та одночасно незначним приростом прибутковості банку у 2019 році в порівнянні з 2018 року;

— по-друге, незбалансованістю активів і пасивів за строками.

Натомість АТ «Ощадбанк» протягом проаналізованого періоду отримав значний приріст прибутку, однак значна залежність від коштів фізичних осіб і мінімальне значення нормативу достатності капіталу під впливом негативних факторів може вплинути на життєздатність банківської установи.

АТ «А-БАНК» і КБ БАНК «ГЛОБУС» характеризуються значною ризиковістю, однак ймовірність банкрутства не є критичною. Така ситуація в АТ «А-БАНК», насамперед, пов'язана із скороченням обсягів прибутковості, незбалансованістю активів і пасивів за строками, низьким рівнем достатності капіталу та приростом непрацюючих кредитів (на 30 %). Подібними проблемами характеризується і КБ БАНК «ГЛОБУС», відмінність лише в тому, що КБ БАНК «ГЛОБУС» у 2019 році більше ніж у 2 рази збільшив власну прибутковість, однак це не нівелює наявні проблеми та високий рівень ймовірності банкрутства.

Відмітимо, що отримані результати проведеного аналізу на онові нормативного-індексної моделі перекликаються із результатами подібного дослідження, що проводиться аналітиками ООО «МинфинМедиа» [7]. Однак більша точність їхнього рейтингу пов'язана з ширшим спектром обраних показників для аналізу. Тому в подальшому планується модернізувати подану модель більшою кількістю абсолютних і відносних показників.

Висновки за виконаним дослідженням. Відзначимо, що побудова та практична реалізація моделі динамічного нормативу для оцінки рівня ймовірності банкрутства на прикладі банків: ПАТ «ПУМБ», АТ КБ «ПриватБанк», АТ «Ощадбанк», АТ «А-БАНК», КБ БАНК «ГЛОБУС» дозволяє стверджувати доцільність практичного застосування цього підходу для вітчизняного банківського сек-

тору. Погоджуючись із науковцями [1, 2, 9, 10], стверджуємо, що модель динамічного нормативу варто використовувати як для оцінки ймовірності банкрутства окремої банківської установи, так і банківської системи в цілому. Також зауважимо, що проведення аналізу на результатах від 3 до 5 звітних періоди дозволить не лише визначити ймовірність банкрутства банку, але й здійснити своєчасний прогноз даних на наступний звітний період.

При прогнозуванні даних на наступні звітні періоди необхідно модернізувати розглянуту модель з врахуванням [4, 5]:

— вхідних даних (x_k) і вихідних даних (y_n) відповідних рекомендацій при прийнятті реабілітаційних заходів;

— проміжних результатів (раннього банкрутства) абсолютних показників по п'яти групах ризиковості;

— загальних результатів трьох груп ризиковості, за попереднім досвідом фінансової діяльності досліджуваних банківських установ.

Запропонована модель нелінійного динамічного нормативу стане основою функціональних блоків, таких як бази даних (БД) і бази знань (БЗ) інтелектуальної банківської системи (ІБС) [3]. Цим питанням і будуть присвячені подальші наукові розробки та дослідження.

Бібліографічні посилання

1. Домінова І.В. Оцінка ефективності ризик-менеджменту електронного банкінгу на основі нормативно-індексної моделі// Облік і фінанси. — 2020. — № 1 (87). — С. 91-99.

2. Карчева Г. Використання методів непараметричної статистики для оцінки ризику ліквідності банків // Вісник Національного банку України. — 2007. — №7. — С. 31–39.

3. Кисіль Т. М. Архітектура когнітрона в інтелектуальній банківській системі. *Моделювання та інформаційні системи в економіці*: зб. наук. пр. Київ: КНЕУ, 2019. Вип. №98, С. 123-134.

4. Кисиль Т. Н. Оценка и прогнозирование стрессоустойчивости коммерческих банков // Инновационная экономика и менеджмент: Методы и технологии: Сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Москва, 26 октября 2017 г. МГУ имени М.В. Ломоносова / Под ред. О.А. Косорукова, В. В. Печковской, С. А. Красильникова. М.: Издательство «Аспект Пресс», 2018. — С. 193 — 196.

5. Кисіль Т. М. Прогнозування ризиків банкрутств комерційних банків // Актуальні питання сучасної економіки: матеріали ІХ всеукраїнської наукової конференції –Ч.1-Умань, УНУС, 2017.– С. 86-87.

6. Мінфін: Неплатоспроможні банки України [Електронний ресурс] / режим доступу: <https://minfin.com.ua/ua/banks/problem/>, вільний. — від 29.10.2019 р.

7. Мінфін: Рейтинг стійкості банків за підсумками 4 квартала 2019 [Електронний ресурс] / режим доступу: <https://minfin.com.ua/banks/rating/?date=2020-01-01>, вільний. — 2020 р.

8. Погостинская Н. Н., Погостинский Ю. А. Системный анализ финансовой отчетности. — СПб.: Издательство Михайлова В. А., 1999. — 96 С.

9. Примостка О.О. Економічна ефективність банківської діяльності // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук. — Київ, 2004. — 218 С.

10. Примостка Л.О. Сукупний ризик банку: методика оцінки на основі нормативно-індексної моделі /Л. Примостка, О. Лисенок // Вісник Національного банку України. — 2008. — №5. — С.34–38.

Статтю подано до редакції 23.10.2020

УДК 656.7.072(100)(045)

DOI 10.33111/mise.99.7

Кириленко О.М., д.е.н., професор.

завідувач кафедри менеджменту зовнішньоекономічної діяльності підприємств,

Новак В.О., к.е.н.,

професор кафедри менеджменту зовнішньоекономічної діяльності підприємств,

Разумова К.М., д.е.н.,

професор кафедри організації авіаційних робіт та послуг, Національний авіаційний університет

Kirilenko O.M., Doctor of Economics, professor, head of the Management of Foreign Economic Activity of Enterprises department, National Aviation University

Novak V.O., Ph.D., professor of the Management of Foreign Economic Activity of Enterprises department, National Aviation University

Razumova K.M., Doctor of Economics, professor of Organization of Aviation Works and Services department, National Aviation University

АНАЛІЗ СТРАТЕГІЧНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ ТА ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

ANALYSIS OF STRATEGIC POSITIONING AND DEVELOPMENT TRENDS OF AIR TRANSPORTATION IN UKRAINE

Анотація. Рівень розвитку транспортної системи держави є однією з найважливіших ознак її технологічного прогресу. Роль авіаційного транспорту в економіці України зростає щороку. Збільшуються обсяги перевезень пасажирів, вантажів і пошти, що прискорює економічний розви-

ток та інтеграцію країни в світове співтовариство. Разом зі зростанням обсягів перевезень зростає і конкуренція на ринку як між авіакомпаніями, так і між різними видами транспорту. У статті здійснено аналіз пасажирських перевезень українськими авіакомпаніями за роки незалежності України, розглянуто динаміку середнього коефіцієнта завантаженості повітряних суден на внутрішніх і міжнародних авіалініях та зроблено відповідні висновки щодо тенденцій розвитку авіакомпаній. Досліджено тенденції, які впливають на вибір стратегічного позиціонування авіатранспортних підприємств як елементу системи стратегічного управління. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що за роки незалежності України, не враховуючи коронавірусної кризи 2020 р., при здійсненні пасажирських перевезень спостерігається загальна тенденція до збільшення частки авіаційного транспорту. В перспективі це може призвести до ще більшого загострення міжвидової конкуренції. Проте, враховуючи розміри території та особливості транспортної інфраструктури України, вплинути стрімке подальше зростання ролі авіаційного транспорту може лише збільшення кількості лоу-кост перевізників і розвиток регіональних аеропортів, але і це матиме обмежений вплив. Матеріали статті мають науково-методичний характер. Встановлені тенденції розвитку авіаційних перевезень в Україні дозволяють у майбутніх дослідженнях розглянути окремі питання перспективного розвитку.

Ключові слова: стратегічне позиціонування, пасажирські перевезення, транспорт, авіаційний транспорт, завантаженість повітряних суден, внутрішні авіалінії, міжнародні авіалінії, тенденції розвитку.

Abstract. The level of development of the state's transport system is one of the most important signs of its technological progress. The role of air transport in the Ukrainian economy is growing every year. The volume of transportation of passengers, cargo and mail is increasing, which accelerates the economic development and integration of the country into the world community. Along with the growth of traffic volumes, competition in the market is growing both between airlines and between different modes of transport. The article analyzes passenger traffic by Ukrainian airlines during the years of independence of Ukraine, considers the dynamics of the average occupancy rate of aircraft on domestic and international airlines and draws appropriate conclusions on the development trends of airlines. The trends that influence the choice of strategic positioning of air companies as an element of the strategic management system are investigated. The conducted studies allow us to conclude that over the years of Ukraine's independence, not counting the coronavirus crisis in 2020, there is a general trend towards an increase in the share of air transport in the implementation of passenger traffic. In the future, this may lead to an even greater exacerbation of interspecific competition. However, given the size of the territory and the peculiarities of the transport infrastructure of Ukraine, the rapid further growth of the role of air transport can only be influenced by the increase in the role of low-cost carriers and the development of regional airports, but this will also have a limited impact. The materials of the article are scientific and methodological in nature. The established trends in the development of air transportation in Ukraine allow in future studies to consider certain issues of future development.

Keywords: strategic positioning, passenger traffic, transport, air transport, aircraft congestion, domestic airlines, international airlines, development trends.

Вступ. Світ змінюється, а разом з ним змінюється характер діяльності суб'єктів господарської діяльності. Роль авіаційного

транспорт у в економіці України зростає щороку. Збільшуються обсяги перевезень пасажирів, вантажів і пошти, що прискорює економічний розвиток та інтеграцію країни в світове співтовариство. Разом зі зростанням обсягів перевезень зростає і конкуренція на ринку як між авіакомпаніями, так і між різними видами транспорту.

Постановка проблеми. Дослідження обумовлене необхідністю аналізу процесів взаємодії підприємств різних видів транспорту з метою організації ефективного перевізного процесу пасажиро-потоків і конкурентоспроможності транспортної системи України на світовому ринку.

Рівень розвитку транспортної системи держави є однією з найважливіших ознак її технологічного прогресу. Транспортна система стає базисом для ефективного входження України до світового співтовариства і зайняття в ньому місця, що відповідає рівневі високорозвиненої держави.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Авіаційний транспорт посідає особливе місце в транспортній системі України і, не враховуючи корона вірусної кризи 2020 р., практично, єдиний, демонструє стійку позитивну динаміку розвитку за роки незалежності України. Організація взаємодії різних видів транспорту на сьогодні залишається дуже актуальною. У свою чергу, ефективне управління транспортом у сучасних умовах ринку є необхідною умовою підвищення ефективності бізнесу, створення, розвитку і реалізації конкурентних переваг підприємств.

Загальні положення розвитку взаємодії різних видів транспорту висвітлені у наукових працях зарубіжних і вітчизняних учених В.Афанас'єва, І. Гордієнка, В. Єлагіна, В. Загорулька, В. Коби, О. Косарева, Ю. Кулаєва [7], С. Подрези, Є. Сича, Л. Яценка та інших.

Вирішення питань управління пасажиропотоками висвітлювалися вченими в аспекті окремих досліджень теорії транспортних процесів і логістики, зокрема, О. Ареф'євою, Р. Бредлі, Е. Браєном, Т. Джонсоном, Т. Дональдсоном, Б. Корнелі, Р. Мітчелом, Є.Сичом, Р. Фріменом, Дж. Фруменом та ін.

Разом з тим, недостатньо досліджено питання стратегічного позиціонування авіатранспортних підприємств як елементу системи стратегічного управління, а також тенденції розвитку перевезень на авіаційному транспорті за роки незалежності України. Актуальність перелічених проблем, їхнє практичне значення та недостатня розробленість визначили вибір теми даного дослідження.

Мета статті. Визначення загальних тенденцій, які впливають на вибір стратегічного позиціонування авіатранспортних підприємств і на сучасний стан авіаційного транспорту як складової транспортної системи України. Матеріали статті мають науково-методичний характер.

Викладення основного матеріалу. Сьогодні повітряний транспорт України та пов'язана з ним наземна інфраструктура, а це, за станом на 1 січня 2020 р., 18 вітчизняних авіакомпаній, 19 аеропортів і аеродромів цивільної авіації та ДП ОПР „Украерорух», мають значний вплив на розвиток ринку пасажирських перевезень, торгівлю та економіку [5].

Проведені авторами дослідження дозволили зробити висновки, що за роки незалежності України, на фоні загальної тенденції пасажирських перевезень транспортом загального користування до зменшення, лише авіаційний транспорт демонструє позитивну динаміку.

Обсяги перевезень пасажирів українськими авіакомпаніями за 2003–2019 рр. представлено на рис. 1.

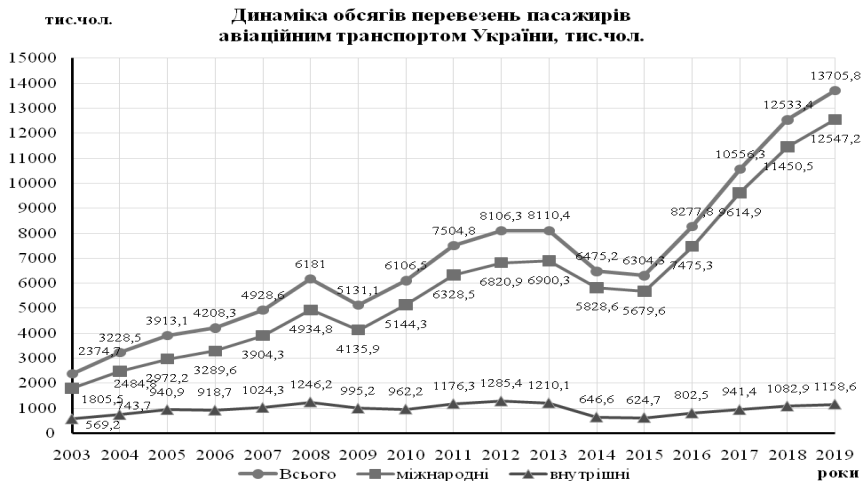


Рис. 1. Обсяги перевезень пасажирів українськими авіакомпаніями за 2003–2019 рр.

Розроблено авторами за [2, 5, 9, 10]

Пасажирські перевезення протягом 2019 р. здійснювали 18 вітчизняних авіаперевізників, серед яких найбільші обсяги виконано авіакомпаніями «Міжнародні авіалінії України», «АзурЕйр

Україна», «Скайап», «Роза вітрів» і «Буковина». За звітний рік п'ятьма провідними авіакомпаніями загалом перевезено 13306,7 тис. чол., що на 22,4 % більше, ніж за 2018 рік і складає 97 % від загальних обсягів пасажирських перевезень українських авіакомпаній [5].

У 2019 р. міжнародні регулярні пасажирські перевезення відповідно до затвердженого розкладу руху здійснювали 10 вітчизняних авіакомпаній до 46 країн світу [5]. Кількість пасажирів, які скористались послугами українських компаній, зросла на 4,6 % і становила 7107,2 тис. чоловік, при цьому середній відсоток пасажирського завантаження міжнародних регулярних рейсів збільшився на 2,1 % і склав 80,9 %. Тривав розвиток мережі маршрутів вітчизняних авіаперевізників, якими розпочато експлуатацію на регулярній основі 17 міжнародних авіаліній.

Одночасно мало місце розширення діяльності на українському ринку іноземних авіакомпаній, послугами яких скористались 9422,5 тис. пасажирів, що на 37,4 % перевищує показник 2018 року та складає 57 % від загальних обсягів регулярних пасажирських перевезень між Україною та країнами світу. Загалом регулярні пасажирські перевезення до України виконували 40 іноземних авіакомпаній (у тому числі чотири нові — австрійська авіакомпанія «Laudamotion, французька «AigleAzur» (здійснювала польоти до вересня 2019 року), ізраїльська «Israir Airlines» та норвезька «Scandinavian Airlines System») з 37 країн світу [5].

Протягом року іноземними авіаперевізниками було відкрито 29 нових маршрутів, з них 21 новий маршрут — авіакомпаніями «Ryanair» і «WizzAir Hungary».

Внутрішній ринок, на даний момент, можна визначити як ринок ділових перельотів, оскільки туризм в Україні розвинутий недостатньо, а населення обирає переважно дешевший залізничний транспорт.

Відповідно, основним типом пасажирів на внутрішніх лініях залишаються ділові пасажирів та пасажирів з високим рівнем доходу. Подальше зростання попиту залежатиме від зростання економіки країни, тарифної політики авіакомпаній, частоти польотів і зручності стикувань. Хоча, слід відмітити поступове зростання сектору внутрішніх перевезень. Регулярні внутрішні пасажирські перевезення між 11 містами України виконували чотири вітчизняні авіакомпанії («Міжнародні авіалінії України», «Мотор Січ», «Роза вітрів» і «Скайап»). Протягом 2019 р. регулярними рейсами у межах України перевезено 1145,2 тис. пасажирів, що на 6,9 % більше, ніж за попередній рік [8].

Значне зростання пасажиропотоків саме в міжнародному сполученні пояснюється частково тенденціями, започаткованими ще в 90-х роках [3]. Після проголошення незалежності України значно збільшилися обсяги поставок імпортової продукції та спостерігалось значне зростання попиту на туристичні поїздки за кордон. При чому, авіакомпанії також намагалися стимулювати міжнародні перельоти створюючи з туроператорами спільні пакети туристичних послуг, в які вже була включена вартість авіаперельоту за зниженою ціною. Крім того, міжнародні рейси також є вищими за рентабельністю, порівняно з внутрішніми, оскільки для них характерна більша дальність польотів, вища середня швидкість і завантаженість повітряного судна.

Слід також зазначити, що транспортна інфраструктура України дозволяє дістатися будь-якої точки країни використовуючи наземні види транспорту, які є значно дешевшими, порівняно з авіаційним. Тому не дивно, що більшість вітчизняних авіакомпаній орієнтовані саме на міжнародні перевезення.

Значний потенціал для розвитку міжнародних перельотів закладений безпосередньо у географічному розташуванні країни, яке здатне забезпечувати високі транзитні пасажиропотоки.

Зміна обсягів пасажиропотоків відобразилась і на зміні середнього коефіцієнта завантаженості повітряних суден (рис. 2).

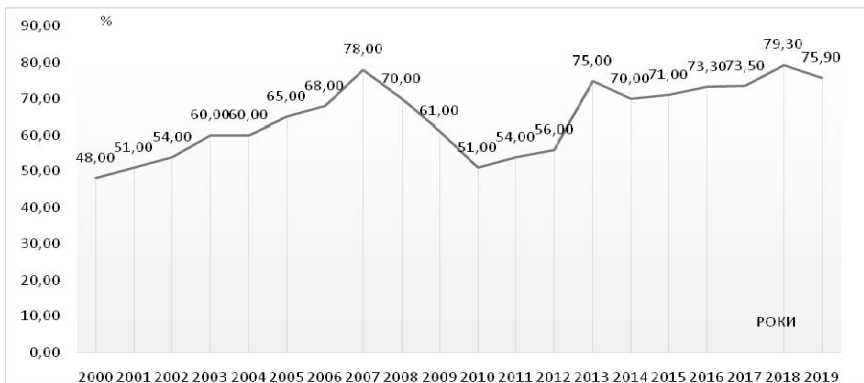


Рис. 2. Динаміка завантаженості повітряних суден українських авіакомпаній на внутрішніх авіалініях, %

Розроблено авторами за даними [2, 5]

За останнє десятиріччя найвищий показник зайнятості крісел повітряних суден українських авіакомпаній на внутрішніх авіалі-

нях спостерігався у 2018-2019 р., що співпадало зі значним зростанням обсягів пасажирських авіаперевезень.

Динаміка завантаженості повітряних суден українських авіакомпаній на міжнародних регулярних рейсах представлена на рис. 3.

Український ринок пасажирських авіаперевезень за перші 6 місяців 2019 року показав рекордне зростання — 20 % у порівнянні з аналогічним періодом минулого року. Це рекорд не тільки в Україні, але й у Центральній Європі. Про це повідомляє ONLINE.UA з посиланням на польське профільне видання pasazer.com [8].

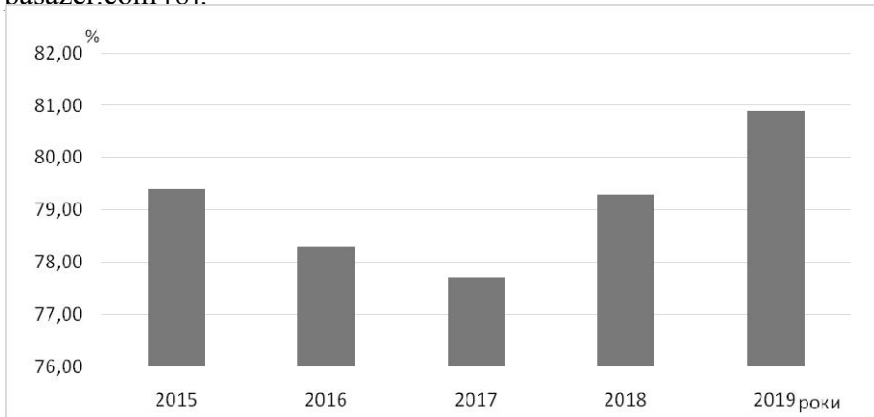


Рис. 3. Динаміка завантаженості повітряних суден українських авіакомпаній на міжнародних регулярних рейсах, %

Розроблено авторами за даними [5]

Проаналізувавши роботу аеропортів Центральної Європи, слід зазначити, що лідером за зростанням пасажиропотоку виявилась Україна. Аеропорти України за півроку обслужили 10,7 млн пасажирів, що на 20 % більше, ніж за аналогічний період минулого року. За кількістю перевезених пасажирів Україна посіла друге місце після Польщі — 22,3 млн осіб. Румунія — на третьому місці з 10,5 млн пасажирів [8].

Успіх аеропорту «Бориспіль» у значній мірі пов'язаний зі збільшенням рейсів ірландського «лоукостера» Ryanair, який відкрив у м. Києві свою базу і 11 нових маршрутів. Крім того, з аеропорту «Бориспіль» почали літати авіакомпанії Flydubai, SkyUp, Laudai Brussels Airlines. Ще 7 перевізників, а саме: Windrose Aviation, Swiss, Qatar, airBaltici Austrian, значно розширили кількість рейсів.

Встановлені тенденції розвитку авіаційних перевезень в Україні дозволяють розглянути окремі питання перспективного розвитку. Слід зазначити, що перед реалізацією вибору стратегічного позиціонування авіакомпанії чи аеропорту необхідно обрати стратегічний напрям своєї діяльності, визначивши його за результатами аналізу внутрішнього та зовнішнього середовища функціонування.

Здійснений аналіз зовнішнього середовища функціонування сучасної авіакомпанії дозволив виявити тенденції, якими може скористатися авіаційне підприємство та основні загрози, для запобігання яким авіакомпанія має розробляти ефективні заходи. На основі досліджень основних тенденцій, які негативно впливають на діяльність авіаційного підприємства, нами запропоновано спрямувати зусилля на їх усунення та підвищення конкурентоспроможності авіакомпаній у процесі формування стратегії.

Іншими словами, процес стратегічного управління передбачає орієнтацію авіаційного підприємства, перш за все, на попередження негативного впливу зовнішнього середовища на його діяльність, а не ліквідацію наслідків. Для обґрунтування конкурентної чи будь якої іншої стратегії авіакомпанії у системі стратегічного управління, що передбачає використання різних методів управління її діяльністю, менеджмент підприємства повинен чітко оцінювати, чого саме авіакомпанія хоче досягти в результаті реалізації такої стратегії та які внутрішні і міжнародні ринки авіаційних перевезень зайняти.

У такий спосіб авіакомпанія може реалізувати концепцію стратегічного позиціонування в межах системи стратегічного управління, здійснюючи свою діяльність за будь якою стратегією, створивши і забезпечивши конкурентні переваги, які є надійно захищеними і пристосованими до майбутнього розвитку та стійкі засоби диференціації.

Враховуючи, що однією з особливостей позиціонування є комплексне сприйняття споживачем якості наданих авіакомпанією послуг, можна стверджувати, що воно більш характерне для довгострокової стратегії, адже стратегію позиціонування не можна здійснити за короткостроковий період. Це дозволяє зробити висновок, що позиція в перспективі буде визначена пасажиром, а не авіакомпанією.

Висновки. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що за роки незалежності України, не враховуючи короно вірусної кризи 2020 р., при здійсненні пасажирських перевезень спостерігається загальна тенденція до збільшення частки авіаційного транспорту. У перспективі, це може призвести до ще більшого загострення міжвидової конкуренції. Проте, враховуючи розміри тери-

торії та особливості транспортної інфраструктури України, вплинути стрімке подальше зростання ролі авіаційного транспорту може лише збільшення кількості «лоу-кост» перевізників і гнать розвиток регіональних аеропортів, але і це матиме обмежений вплив.

Реалізуючи концепцію стратегічного позиціонування в межах системи стратегічного управління, сучасна авіакомпанія може здійснювати свою діяльність за чіткою стратегією, створивши і забезпечивши конкурентні переваги, які є надійно захищеними і пристосованими до майбутнього розвитку.

Бібліографічні посилання.

1. Новак В.О. Взаємодія аеропорту з транспортними підприємствами: організація та управління: [монографія] / В.О. Новак, І.В. Гордієнко, О.К. Катерна, В.В. Матвеев, О.В. Ільєнко. — К.: Кондор-Видавництво, 2012. — 277с.

2. Gurina G. Prospect for forming the export potential of the aviation complex of Ukraine on the basis of public-private partnership / G. Gurina, S. Podrieza, N. Liskovych // Eurasian Journal of Analytical Chemistry. — 2018. — №13(3). — P. 665-673. Цитування в Scopus.

3. Kyrylenko O.M., E.M. Razumova, V.V. Ihnatiuk, V.O. Novak. Strategic areas of development the railway industry in the conditions of eurointegration processes. V. Novak, O. Iliencko, L. Lytvynenko. Personal development in the organization. Scientific bulletin of the Lodz university of technology. — LODZ , z. 69/2017, 139 P., P.89-101.

4. Foreign Economic Activity of Enterprises: Textbook / [A. Stankiewich-Mroz, V. Perederii, V. Novak, O. Iliencko, S. Petrovska, O. Kyrylenko, G. Gurina, E. Danilova, K. Razumova, L. Lytvynenko]. — Lodz: Lodz university of technology press, 2018. — 145 p.

5. Статистичні дані в галузі авіатранспорту <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>

6. Тихонова О.Ю. Стратегічні альтернативи розвитку українських авіакомпаній [Електронний ресурс] / О.Ю. Тихонова — Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua>

7. Кулаєв Ю. Ф. Экономика гражданской авиации Украины / Ю. Ф. Кулаєв. — К. : Издательство «Феникс», 2004. — 667 с.

8. Український ринок авіаперевезень встановив рекорд у Європі — статистика: <https://novyny.online.ua/811212/ukrayinskiy-rinok-aviapere-vezen-vstanoviv-rekord-u-evropi-statistika/>

9. Official site of State Statistics Service of Ukraine (2017), available at: <http://ukrstat.gov.ua>

10. Official site of the Delegation of Ukraine to the European Union and the European Atomic Energy Community (2017), available at: <http://ukraine-eu.mfa.gov.ua/ukraine-eu/sectoral-dialogue/transport>.

Статтю подано до редакції 20.09.2020

Корзаченко О.В., к.е.н.,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
Чернявський К.І.,
студент 6 курсу спеціальності «Економічна кібернетика»,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Korzachenko O.V., PhD,
Associate Professor of the Department of Computer Mathematics and
Information Security,
Chernyavskiy K.I.,
6th year student majoring in «Economic Cybernetic»,
SHEI KNEU named after V. Hetman

PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS: РЕВОЛЮЦІЙНІ ЗМІНИ У ВЕБРОЗРОБЦІ

PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS: REVOLUTIONARY CHANGES IN WEB DEVELOPMENT

Анотація. Стаття присвячена дослідженню теоретико-методичних засад та практичних аспектів використання нової технології створення вебдодатків — *Progressive Web Applications (PWA)*, яка була анонсована Google у 2015 році. PWA — це сучасні вебсайти, які наділені характеристиками нативних додатків: можливістю запуску з робочого столу девайсу із доступом до його вбудованих функцій, спроможністю роботи *offline*, наявністю *push*-сповіщень тощо. Визначено особливості архітектури PWA та взаємодії її основних компонентів: *Service Worker*, *Web App Manifest* і *Application Shell*. Також виявлено функціонально-технічні переваги та недоліки прогресивних вебдодатків. З метою визначення перспектив широкого застосування цієї технології як уніфікованої у веб-розробці проведено порівняльний аналіз PWA з нативними додатками, адаптивними сайтами і мобільними додатками, а також із розширеними можливостями, які надаються стратегією *Trusted Web Activities*.

Виявлено, що особливі переваги від використання PWA можуть отримати компанії у сфері *e-commerce* й інформаційного бізнесу. Зручність використання таких додатків, високий рівень UI/UX, їх швидкодія та невибагливість до ресурсів, можливість роботи без підключення до інтернету сприяють розширенню мобільної присутності компаній у вебпросторі, зростанню конверсії та збільшенню доходів, які надходять з інтернет-каналів. Важливою перевагою є невисока вартість розробки та супроводу PWA у порівнянні з їх нативними аналогами, що пояснюється кросплатформеністю готового продукту.

Ключові слова: веброзробка, кросплатформенна розробка, прогресивний вебдодаток, PWA, нативний додаток, адаптивний сайт, вебсайт мобільний вебдодаток, *Trusted Web Activities*, TWA, *Service Worker*, *Web App Manifest*, *Application Shell*, *offline*, *push*-сповіщення, інтерфейс користувача, користувацький досвід.

Abstract. The article is devoted to the exploration of theoretical and methodological principles and practical aspects of using a new technology for creating web applications — *Progressive Web Applications (PWA)*, which was

announced by Google in 2015. PWA is a modern website, which is endowed with the characteristics of native applications: the ability to run from the desktop a device with access to its built-in functions, the ability to work offline, the presence of push notifications and more. The peculiarities of PWA architecture and interaction of its main components are determined: Service Worker, Web App Manifest and Application Shell. Functional and technical advantages and disadvantages of progressive web applications are also revealed. In order to determine the prospects for widespread use of this technology as unified in web development, a comparative analysis of PWA with native applications, adaptive sites and mobile applications, as well as with the advanced features provided by the strategy Trusted Web Activities.

It was found that special benefits from the use of PWA can benefit companies in the field of e-commerce and information business. Ease of use of such applications, high level of UI/UX, their speed and unpretentiousness to resources, the ability to work without an Internet connection contribute to the expansion of mobile presence of companies in the web space, increase conversions and increase revenue from Internet channels. An important advantage is the low cost of development and maintenance of PWA compared to their native counterparts, due to the cross-platform nature of the finished product.

Keywords: web development, cross-platform development, Progressive Web Application, PWA, Native application, Adaptive web site, web site, Mobile application, Trusted Web Activities, TWA, Service Worker, Web App Manifest, Application Shell, offline, push-notification, User Interface, User Experience.

Постановка проблеми. Стрімка діджиталізація економічних процесів значно впливає на функціонування підприємств, держави та суспільства. У таких умовах з метою отримання конкурентних переваг і домінуючих позицій на ринку компанії зацікавлені в пошуку нових каналів взаємодії зі своїми клієнтами у вебпросторі. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання створення сайтів і мобільних додатків, а також дослідження сучасних технологій веброботи.

З кожним роком кількість користувачів інтернету стрімко зростає, так динаміка проникнення глобальної мережі в Україні збільшилася з 14 % у 2010 р. до 71 % у 2019 р. Станом на вересень 2019 р. кількість регулярних користувачів інтернету склала 22,96 млн, з яких для доступу 66 % використовують мобільні пристрої, а 14 % планшети [2]. Відповідно зростає і кількість завантаження мобільних (нативних) додатків і часу їх використання. Проте, незважаючи на таку тенденцію, виявилось, що значна кількість користувачів не завантажує жодного додатку за місяць (у США це 51 % у 2017 р. і 67 % у 2019 р.) [13].

Використання адаптивних мобільних сайтів і нативних додатків для доступу до вебресурсів накладають певні обмеження, як на їх користувачів, так і на розробників. Так додатки потребують завантаження файлів на смартфон користувача, стійкого підключення

чення до інтернету та передбачають дотримання вимог кросплатформності для розробників. Вебсайти не можуть запропонувати користувачам ту взаємодію з ними (User Experience, UX), яка притаманна нативним додаткам (наприклад, робота без підключення до інтернету, запуск у фоновому режимі, push-сповіщення тощо). У відповідь на ці обмеження у 2015 р. розробники Google Web Fundamentals запропонували нову технологію — прогресивні вебдодатки (Progressive Web Apps, PWA), які поєднали у собі найкращі властивості сайтів і мобільних додатків. PWA стало логічним продовженням розробки Google — AMP (Accelerated Mobile Pages), задачею якої є оптимізація та прискорення завантаження сторінок. У той час як AMP фокусується на швидкості, PWA забезпечує високу динамічність і розширює можливості платформ [1, 6, 9].

Незважаючи на зростаючу зацікавленість технологією PWA серед розробників та ІТ-спеціалістів, відсутність науково-обґрунтованих досліджень стримує широке використання компаніями ІТ-продуктів, розроблених за цією технологією.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню PWA присвячені праці здебільшого закордонних учених: Bjørn-Hansen A., Grønli T.-M., Majchrzak T.A., Hume D.A., Tandel S.S., Jamadar A., Pesado P., Arroyo M., Delia L., Arai K., Kapoor S., Bhatia R. та інших. Незважаючи на значну зацікавленість науковців і дослідників сутністю, особливостями та перевагами розробки PWA, відсутність комплексного підходу до визначених питань стримує широке розповсюдження технології.

Метою статті є дослідження теоретико-методичних засад створення прогресивних веб-додатків, порівняння PWA з нативними додатками й адаптивними сайтами, а також визначення доцільності використання PWA як уніфікованої технології кросплатформної розробки.

Виклад основного матеріалу дослідження. PWA — це мобільні веб-програми, які поєднують у собі характеристики адаптивних вебсайтів і нативних додатків, що забезпечується можливостями API (Application Programming Interface) та новими вебтехнологіями:

1. *Application Shell* — оболонка програми, розроблена з використанням HTML, CSS та JavaScript, що реалізує інтерфейс користувача (User Interface, UI).

2. *Web App Manifest* — файл JSON, в якому вказуються такі метадані програми, як ім'я, колір, піктограма тощо. Маніфест використовують для зміни поведінки та стилю PWA.

3. *Service Worker* — скрипт, який працює у фоновому режимі та дозволяє реалізовувати функції, для яких не потрібні безпосередня взаємодія з користувачем або DOM-деревом [7]. Він використовується для обробки таких задач, як фонові синхронізація, кешування даних, створення оболонки додатків, а також перехоплення мережесвих запитів.

Service Worker реєструється під час першого відвідування сторінки користувача, перехоплює вхідні та вихідні http-запити та надає повний контроль над вебсайтом (рис. 1).



Рис. 1. Схема роботи *Service Worker*

Коли користувач відвідує сайт уперше, *Service Worker* починає завантажувати та встановлювати себе. У цей час відбувається кешування всіх ресурсів UI оболонки, запит до яких у подальшому більше не вимагатиме переходу на сервер (рис. 2). При переході між різними сторінками, користувачі не будуть відчувати застримку при їх завантаженні [7].

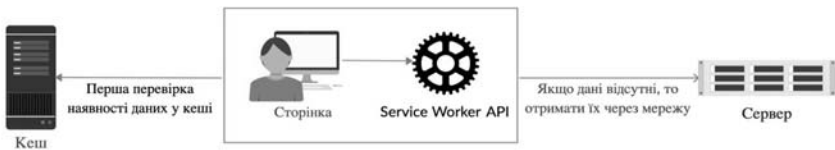


Рис. 2. Спрощена схема взаємодії *Service Worker* із сервером і кешем

Саме така архітектура PWA долає обмеження адаптивних сайтів і надає користувачам відчуття використання нативного додатку.

За рекомендаціями Google, PWA повинно задовольняти такі вимоги: (1) працювати в автономному режимі; (2) відповідати на запити менше ніж за 5 с.; (3) забезпечити взаємодію з користувачем, подібну до нативного додатку; (4) використовувати адаптивний дизайн; (5) використовувати протокол https [14].

Взагалі PWA наділені певними характеристиками, які обумовлюють їх переваги [12]: адаптивність; прогресивність; незалеж-

ність від підключення до інтернету; імітація зовнішнього виду та функціоналу нативних додатків; можливість збереження на головному екрані смартфона без завантаження з App Store; індексованість пошуковими системами; безпечність через використання протоколу https; актуальність інформації та постійне оновлення.

Разом з орієнтацією прогресивних вебдодатків на мобільні пристрої, їх можна встановлювати й на комп'ютерах. Технологія PWA повністю уніфікує процес розробки додатків незалежно від типу пристрою, це виділяє її серед інших та ставить на перше місце. Однак оскільки PWA встановлюються через веббраузер, їх доступність обмежена підтримкою цього браузера. Наприклад, Safari не підтримує всі API, які необхідні для запуску PWA [5].

Незважаючи на численні переваги, прогресивні вебдодатки мають певні технологічні недоліки, пов'язані із специфікою надання їм доступу до нативних функцій мобільних пристроїв (User Permission). Для цього користувачу виводяться відповідні повідомлення — notifications (дозвіл на доступ до камери, мікрофону тощо), які, як показує практика, часто відхиляються, що спричиняє некоректну роботу PWA. Після заборони доступу вебдодатку до функцій девайсу, користувачам повторно важко знайти відповідні налаштування у веббраузері. Але цей недолік можна успішно подолати, використовуючи виважену політику показу notifications.

З метою інтеграції PWA з уже існуючими додатками Google розробили стратегію TWA (Trusted Web Activities), яка дозволяє клієнту при доступі за посиланням до PWA з мобільного пристрою автоматично відкривати замість веббраузера відповідний мобільний додаток, якщо такий встановлено. Переваги TWA полягають у тому, що забезпечується наявність віджету домашнього екрану, прямий доступ до програм та інтеграція з операційною системою. Такі додатки автоматично перевстановлюються після повного скидання або відновлення резервної копії даних, а також мають кращу підтримку інтернаціоналізації [9].

Використання стратегії TWA частково компенсує один недолік PWA — відсутність можливості розробникам продавати прогресивні вебдодатки через App або Play Store.

Основним недоліком є те, що TWA працює лише з версією Android 4.4 KitKat. Деякі компанії вже публікували PWA в магазині Google Play, наприклад, YouTube Go, Maps Go, Twitter Lite та інші.

Для ґрунтовного дослідження особливостей вебсайтів, мобільних вебдодатків, нативних додатків, PWA і TWA необхідно провести їх порівняльних аналіз (табл. 1).

Таблиця 1

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВЕБРОЗРОБКИ

Технологічна особливість	Native App	Mobile Web App / Page	PWA	PWA + TWA
Необхідність встановлення	Так	Ні	Не обов'язково	
Встановлення	Через App або Play Store	Не потрібне	Через веббраузер	Через Play Store
Оновлення		Оновлення миттєві		
Необхідність оновлень	Так	Ні		
Запуск	Через панель запуску програм	Через веббраузер	Через панель запуску програм	
Розмір	Переважно важкі за розміром	Малі та швидкі		
Платформи	Окремий додаток під кожен платформу	Всі	Всі (iOS має певні обмеження)	Android
Offline доступ	Є	Немає	Потрібно використати програму хоча б один раз в інтернеті, тоді з'явиться доступ до кешованого вмісту в автономному режимі	
UX	Відмінний, якщо програма добре розроблена	Немає нативних функцій	Відмінний	
Push-сповіщення	Так	Ні (можна використати сторонні сервіси)	Так	Так (для Android)
Sharing	Ні	Так		
Доступ до спеціальних функцій пристрою	Повний	Високий		
Індексація пошуковими системами	Погана, індексуються посилання на App або Play Store	Добра, потрібно оптимізувати програмний код для SEO		
Вартість розробки	Висока	Низька	Середня	

Як видно з табл. 1, всі основні технології мобільної веброботи мають спільні та відмінні риси, кожна з яких може мати вирішальне значення при виборі. Очевидно, що PWA знаходиться у більш вигіршному положенні на відміну від нативних додатків або мобільних сайтів.

Вважаємо, що, перш за все, вибір між прогресивними вебдодатками та нативними має здійснюватися не тільки на основі аналізу технічних характеристик, а й економічних: співвідношення вартості розробки продукту до його функціональних особливостей, швидкість виводу на ринок.

Створення прогресивного вебдодатку у порівнянні з нативним обходиться компаніям у середньому в 3-4 рази дешевше, у деяких випадках у 10-15 разів. Це пояснюється необхідністю розробки окремих додатків не тільки під різні платформи, а й версії операційних систем. Так вартість нативного додатку для App або Play Store починається від 10 тис. дол. США [15].

Однак інвестиції у мобільну присутність компанії на цьому не закінчуються. Після того, як додаток виходить на ринок для його стабільної роботи необхідно забезпечити постійне технічне обслуговування. Практика показує, що для підтримки нативних додатків на рік знадобиться близько 20 % початкових інвестицій: це і додаткові витрати на сервери, й оплата праці різнопрофільних програмістів. Також слід врахувати те, що крім підтримки додатків додатково необхідно розвивати та супроводжувати вебсайт.

З іншого боку, згідно різних статистичних даних і досліджень, PWA вимагають на 33 % менше витрат на технічне обслуговування в порівнянні з їх нативними аналогами [15]. Замість сукупності додатків і сайту, компанія витрачає кошти на підтримку лише одного вебдодатку.

За даними міжнародного дослідження у 2020 р. 24 % е-commerce B2C компаній планують інвестувати у прогресивні вебдодатки, а 11 % вже успішно ними користуються. 29 % респондентів не визначилося, а 22 % — не планують інвестувати у PWA, 14 % — не знайомі з такою технологією [10].

Як пріоритетну частину діджитал стратегії розробку та впровадження PWA визначило багато брендів, відомих на весь світ, серед яких Google, Instagram, BMW, Forbes, Pinterest, Twitter, The Washington Post, Airfrance, Alibaba, Toyota, Coca-Cola, Starbucks, Lancôme та інші. Результати цієї стратегії приголомшують, так у 2020 р. було досягнуто таких результатів: (1) Starbucks — розмір PWA становить 0,4 % розміру нативного додатку та кожного дня подвоюється кількість клієнтів; (2) The Washington Post — збільшилася кількість мобільних користувачів на 23 % та зросла продуктивність на 88 % у порівнянні з традиційним вебсайтом; (3) Alibaba — конверсії у браузері зросли на 76 %, у чотири рази збільшився коефіцієнт взаємодії від «add to home screen» [11].

Особливо вражають результати від використання PWA для бізнесу, якщо проаналізувати досвід компаній у цій сфері детальніше. Так, наприклад Lancôme відновила свою мобільну вебприсутність і збільшила кількість конверсій на 17 %. Незважаючи на зростання кількості відвідувань вебсайту, коефіцієнт конверсії для мобільних пристроїв не збігався з показником для настільних ПК і складав 15 % проти 38 %. Така розбіжність показала, що клієнти відчують певні незручності при оформленні замовлень через мобільний телефон. Оскільки мобільний вебпростір став основною сферою уваги Lancôme, компанія прагнула забезпечити якісний UX для своїх клієнтів.

Спочатку Lancôme планували створення нативного додатку для e-commerce, але очевидно, що він буде актуальним тільки для клієнтів, які регулярно відвідують сайт. Але аналіз показав, що більшість покупців повторно повертаються на сайт не частіше ніж раз на тиждень. Основною метою стало отримання IT-продукту із зручними інтерфейсом та функціоналом схожим до нативного додатку, який б швидко завантажувався та був доступним кожному через мобільний інтернет, вибір пав на PWA. Результати такого рішення були вражаючими: (1) зменшення часу завантаження сторінок на 84 %; (2) збільшення конверсії на 17 %; (3) зменшення рівня відмов на 15 %; (4) збільшення мобільних сеансів на 51 %; (5) збільшення мобільних сесій на iOS на 53 %; (6) зменшення рівня відмов на iOS на 10 %; (7) 8 % споживачів, які натискають на push-сповіщення, роблять покупки; (8) завдяки push-сповіщенням зменшилася кількість «покинутих кошиків» на 12 % [8].

Висновки. Прогресивні вебдодатки виникли ще у 2015 році, у відповідь на неспроможність вебсайтів працювати без інтернет з'єднання, що не могло повністю задовольняти вимоги бізнесу. З того часу постійно ведеться робота над розвитком цієї технології та поступово усувають всі її недоліки, максимально приближуючи PWA до найкращих рис нативних додатків. Уже зараз можна впевнено стверджувати, що PWA поступово витісняє своїх конкурентів і може розраховувати на місце уніфікованої технології веброзробки. Особливо це стосується створення IT-продуктів у сфері e-commerce та інформаційного бізнесу.

Очевидно, що для звичайних користувачів і бізнесу немає особливої різниці, яка технологія використовуються для розробки додатку або сайту. Проте, швидка безперебійна робота PWA, можливість оформлювати покупки з мобільного телефону навіть без підключення до інтернету, а також порівняно легка розробка та її прийнятна вартість робить прогресивні додатки безспірним

фаворитом. Особливо цінні PWA для молодих компаній, яким дуже важливий час виходу на ринок.

Що стосується програмної індустрії загалом, то прогресивні вебдодатки не можуть замінити всі інші типи додатків і повною мірою конкурувати на ринку IT-продуктів, оскільки PWA не мають достатньої кількості готових рішень для реалізації всіх задач, які вже успішно працюють у світі нативних додатків (мобільні ігри, особисті помічники, фітнес додатки, месенджери тощо). Та й монополізація ринку одним стеком технологій (HTML, CSS, JavaScript) неминуче призведе до призупинення їх розвитку.

Бібліографічні посилання

1. Мурзакова А.А., Мурзакова Е.А., Желудкова О.В., Акімова М.М. Безопасность PWA-приложений на примере реализации сервиса S2W. Математическое и информационное моделирование. Сборник научных трудов. Тюмень, 2017. С. 262–272.

2. Проникнення інтернету в Україні. 2019. URL: https://inau.ua/sites/default/files/file/1910/dani_ustanovchych_doslidzhen_iii_kvartal_2019_roku.pdf.

3. Add a web app manifest. 2020. URL: <https://developers.google.com/web/fundamentals/web-app-manifest/>.

4. Bjørn-Hansen A., Grønli T.-M., Majchrzak T.A. Progressive Web Apps: the Definite Approach to Cross-Platform Development. Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. 2018. P. 5735 — 5744.

5. Bjørn-Hansen A., Majchrzak T.A., Grønli T.-M. Progressive web apps for the unified development of mobile applications. WEBIST 2017. LNBIP. 2018. Vol. 322. P. 64 — 86. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93527-0_4.

6. Delia L., Arai K., Kapoor S., Bhatia R. Development approaches for mobile applications: comparative analysis of features. SAI 2018. AISC. Springer, Cham, 2019. Vol. 857. P. 470 — 484. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01177-2_34.

7. Hume D.A. Progressive Web Apps. Manning Publications Co, 2018. 200 p.

8. Lancôme rebuilds their mobile website as a PWA, increases conversions 17 %. URL: <https://developers.google.com/web/showcase/2017/lancome>.

9. Pesado P., Arroyo M. PWA and TWA: Recent Development Trends. Computer Science — CACIC 2019. Springer Nature Switzerland AG, 2020. P. 205–214.

10. Share of e-commerce companies worldwide that are planning to invest in progressive web apps (PWA) in 2020. URL: <https://www.statista.com/statistics/1174534/investing-pwa-ecommerce-companies-worldwide/>.

11.State of Progressive Web Apps (PWAs) Q1 2020 <https://www.lumavate.com/wp-content/uploads/2020/02/The-State-of-Progressive-Web-Apps-Q1-2020.pdf>.

12.Tandel S.S., Jamadar A. Impact of Progressive Web Apps on Web App Development. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (A High Impact Factor, Monthly, Peer Reviewed Journal). 2018. Vol. 7. Issue 9. P. 9439 — 9444.

13.The State of Mobile: Insights into Emerging Behaviours on Mobile Devices. 2019. URL: <https://www.comscore.com/Insights/Presentations-and-Whitepapers/2019/Global-State-of-Mobile>.

14.What makes a good Progressive Web App? 2020. URL: <https://developers.google.com/web/progressive-web-apps/checklist>.

15.7 Awesome PWA Statistics That You Should Know in 2020. URL: <https://www.beezer.com/blog/important-pwa-statistics/>.

Статтю подано до редакції 11.10.2020

УДК: 330.369

DOI 10.33111/mise.99.9

Мамонова Г.В., к. фіз-мат н., доцент
доцент кафедри комп'ютерної математики
та інформаційної безпеки
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Позднякова Л.О., к.е.н., доцент,
фінансовий директор ТОВ «ЕРИДАН»

Mamonova G.V., Candidate of Physical and
Mathematical Sciences, Associate Professor
Associate Professor of Computer
Mathematics and information security
SHEI KNEU named after V. Hetman

Pozdnyakova L.O., Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor,
CFO of ERIDAN LLC

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАГРОЗ ПРОЦЕСУ ЄВРОПЕЇЗАЦІЇ ПЕНСІЙНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

SIMULATION OF THREATS OF THE EUROPEANIZATION PROCESS PENSION SYSTEM OF UKRAINE

Анотація. В роботі виокремлено основні етапи реформування пенсійної системи України та здійснено аналіз основних показників. Проаналізовано показники доходів і видатків Пенсійного Фонду України по кожному із виокремлених етапів та надано оцінку збалансованості його бюджету. Аналіз динаміки розвитку національної пенсійної системи дозволив виокремити основні загрози щодо процесу її реформування та європеїзації.

Аргументовано, що для ідентифікації та визначення пріоритетності цих загроз доцільно використати інструменти математичного аналізу та моделювання, зокрема, ієрархічний метод моделювання Т. Сааті. Визначено множину загроз для пенсійної системи України та з'ясовано ймовірні каузальні зв'язки між ними, які представлено у вигляді графа залежності. Побудовано ієрархічну модель загроз, яка дозволила визначити пріоритетність першочергових завдань щодо реформування пенсійної системи України. До першого, найнижчого рівня ієрархії загроз віднесено низький рівень пенсій (коефіцієнти заміщення). До другого рівня ієрархії загроз належить високий рівень диференціації доходів населення у різних регіонах і секторах економіки. Недосконале адміністрування пенсійних активів відноситься до третього рівня ієрархії загроз для національної системи пенсійного страхування. На наступному четвертому щаблі загроз знаходяться дефіцит бюджету ПФУ та значні обсяги дотацій з Державного бюджету. До групи вагомих загроз п'ятого рівня віднесено такі: зволікання із введенням II-го і III-го рівнів пенсійної системи, відтік робочої сили за кордон та старіння населення, обмеженість у використанні інвестиційних інструментів та інших фінансових інститутів. До найвищого — шостого рівня загроз для розвитку пенсійної системи України відноситься значна мінізація ринку праці та діяльності ПФУ. Застосування методу моделювання Т. Сааті в роботі дозволило розробити практичні рекомендації до комплексного підходу щодо реформування в контексті європеїзації національної пенсійної системи. Аргументовано, що активізація впровадження пенсійної реформи матиме позитивний вплив на всю економічну систему країни, так як створить додаткові стимули для виходу бізнесу з тіні та сформує значний внутрішній потенціал фінансових ресурсів для інвестування й розвитку економіки.

Ключові слова: пенсійна система, європеїзація, етапи реформування, загрози, ієрархія загроз.

Abstract. The paper highlights the main stages of reforming the pension system of Ukraine and analyzes the main indicators. The indicators of revenues and expenditures of the Pension Fund of Ukraine for each of the selected stages are analyzed and an assessment of the balance of its budget is provided. The analysis of the dynamics of the national pension system allowed us to identify the main threats to the process of its reform and Europeanization. It is argued that to identify and prioritize these threats, it is advisable to use the tools of mathematical analysis and modeling, in particular, the hierarchical method of modeling T. Saati. Many threats to the pension system of Ukraine have been identified and the probable causal links between them have been clarified, which are presented in the form of a dependency graph. A hierarchical model of threats was built, which allowed to determine the priority of priority tasks for reforming the pension system of Ukraine. The first, lowest level of the threat hierarchy includes a low level of pensions (replacement coefficients). The second level of the threat hierarchy includes a high level of differentiation of incomes in different regions and sectors of the economy. Imperfect administration of pension assets belongs to the third level of the threat hierarchy for the national pension insurance system. The next fourth stage of threats is the PFC budget deficit and significant amounts of subsidies from the State budget. The group of significant threats of the fifth level includes the following: delays in the introduction of the second and third levels of the pension system, the outflow of labor abroad and the aging population, limited use of investment instruments and other financial institutions. The highest — the sixth level of threats to the development of the pension system of Ukraine is a significant shadowing of the labor market and PFC activities. The application

of T. Saati's modeling method in the work allowed to develop practical recommendations for a comprehensive approach to reform in the context of Europeanization of the national pension system. It is argued that the intensification of pension reform will have a positive impact on the entire economic system of the country, as it will create additional incentives for businesses to come out of the shadows and form a significant internal potential of financial resources for investment and economic development.

Keywords: pension system, Europeanization, stages of reform, threats, hierarchy of threats.

Актуальність роботи. Європейський вектор розвитку України передбачає європеїзацію національної пенсійної системи шляхом її докорінного реформування. Процес європеїзації галузі пенсійного страхування відбувається під впливом таких сучасних загроз, як демографічна криза, обумовлена зростанням тривалості життя та збільшенням кількості населення пенсійного віку; відтік працездатного населення до країн Європи; дисбаланс між надходженнями і видатками Пенсійного фонду та його системна криза; низький рівень пенсійних виплат для більшості громадян; інертність і слабка результативність реформ у галузі. Ефективне реформування національної пенсійної системи гальмують застарілі, не вирішені раніше проблеми та виниклі новітні загрози. Одним із наукових методів дослідження цих загроз є метод моделювання Т. Сааті, який дозволяє вирізнити та побудувати ієрархію найсуттєвіших загроз процесу європеїзації пенсійної системи України. Ґрунтовне дослідження цих загроз дозволить запропонувати практичні рекомендації щодо активізації процесів європеїзації національної пенсійної системи.

Питання формування та проблем розвитку пенсійного страхування знайшли своє відображення у працях таких вітчизняних авторів, як: В. Близнюк, В. Борейко, А. Нагорна, Л. Ніколаєнко, І. Петрова, У. Садова та інші. Вагомий внесок у розвиток теорії та практики аналізу та математичного моделювання здійснив американський учений Т. Сааті, який запропонував ієрархічний метод моделювання, що може бути використаний для визначення пріоритетності існуючих загроз для ефективного функціонування певної системи, зокрема соціально-економічної.

Метою статті є опрацювання теоретичних засад і розроблення практичних рекомендацій щодо ефективного розвитку пенсійної системи України на основі результатів застосування економіко-математичного моделювання.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені такі завдання: проаналізувати основні етапи реформування пенсійної

системи та оцінити збалансованість бюджету Пенсійного фонду України; виокремити основні загрози щодо подальшого розвитку та реформування пенсійної системи; на основі використання економіко-математичного методу моделювання побудувати ієрархію цих загроз; розробити практичні рекомендації щодо шляхів реформування та підвищення ефективності розвитку національної пенсійної системи.

Виклад основного матеріалу. Вивчення перебігу реформування національної пенсійної системи ґрунтується на використанні історико-еволюційного методу дослідження. Глибокий історичний аналіз розвитку пенсійної системи України дозволив виокремити основні етапи її реформування. Незважаючи на те, що вперше на законодавчому рівні про пенсійну реформу було зазначено у квітні 1998 року в Указі Президента «Про основні напрями реформування пенсійного забезпечення в Україні» [1], початком першого етапу (2004-2010 рр.) впровадження пенсійної реформи вважається 2004 рік, коли було прийнято Закон України «Про загальнообов'язкове державне пенсійне страхування» та Закон України «Про недержавне пенсійне забезпечення» [2; 3]. Цими законодавчими актами були закладені правові основи пенсійної реформи в Україні.

Впровадження недержавного пенсійного забезпечення є одним із ключових завдань реформування пенсійної системи України. Тому часткове реформування пенсійної системи України (далі ПСУ) відбулося за рахунок появи недержавних пенсійних фондів (далі НПФ), адміністраторів НПФ і компаній з управління активами. Кількість НПФ протягом першого етапу реформування ПСУ постійно зменшувалося і у 2010 році мала такі показники: 101 — НПФ; 43 — адміністратори [4]. Негативні тенденції у процесі розвитку НПФ пояснюються на нашу думку такими факторами: неінформованість та недовіра населення до НПФ; обмеженість фінансових інструментів щодо інвестування активів НПФ; недосконале нормативно-правове забезпечення щодо діяльності НПФ і захисту прав споживачів; низький рівень доходів і пенсійного забезпечення основної частини населення та інші.

У подальшому, у 2005 році Розпорядженням КМ України [5] було запропоновано стратегію розвитку пенсійної системи, яка передбачала зміну діючої системи на сучасну страхову трирівневу пенсійну систему. Однак, запровадження накопичувальної системи загальнообов'язкового державного пенсійного страхування не відбулося, не зважаючи на сприятливі умови 2006 початку

2008 рр., коли відбувалося зростання реального ВВП на 7 % на рік, а реальної заробітної плати на 14 % [6; 7].

У жовтні 2009 року КМ України розроблений «Проект Концепції подальшого проведення пенсійної реформи в Україні» (далі Концепція) [8]. На основі цієї Концепції реалізація пенсійної реформи була перенесена з 2009 на 2017 рік, однак більшість її концептуальних положень просто дублювало прийняту у 2005 році Стратегію розвитку пенсійної системи.

Аналіз динаміки показників ВВП і бюджету Пенсійного фонду (далі ПФ) за 2004-2010 рр. (табл. 1) демонструє незмінне зростання видатків ПФ, що випереджають ріст ВВП і його власних доходів.

Таблиця 1

**ДИНАМІКА ДОХОДІВ ТА ВИДАТКІВ ПФ УКРАЇНИ
НА ПЕРШОМУ ЕТАПІ ЙОГО РЕФОРМУВАННЯ (МЛН ГРН)**

Рік	Номінальн. ВВП	Доходи ПФ	Власні доходи ПФ	Видатки ПФ	Дефіцит бюджету ПФ	
					млн. грн	Темпи приросту до поперед. року (%)
2004	345113,00	36182,86	28182,23	36182,86	8000,63	-
2005	441452,00	65733,30	42702,10	64064,90	23931,20	199,11
2006	544153,00	72197,10	54292,80	74007,50	17904,30	-25,18
2007	720731,00	101379,80	75531,60	99940,50	25848,20	44,40
2008	948056,00	143488,20	101949,90	150349,10	41538,30	60,70
2009	913345,00	148372,70	99781,70	165590,00	48591,10	17,00
2010	1082569,00	183565,20	119342,70	191472,70	64222,50	32,17

Джерело: Складено та розраховано авторами за [6; 9].

На першому етапі реформування ПСУ спостерігається негативна динаміка збільшення дефіциту бюджету ПФ. На кінець першого періоду у 2010 році, порівняно із початком — 2004 роком, дефіцит бюджету ПФ збільшився на 56221,87 млн грн, тобто темп приросту становив 702,71 %. Погрозна ситуація, яка склалася у цей період у ПСУ, пояснюється впливом ряду ендогенних та екзогенних загроз: світова фінансово-економічна криза; криза та тінізація національної економіки; низький рівень

життя та купівельної спроможності основної частини населення; відсутність системних реформ у галузі. Водночас, намагання на першому етапі реформувати ПСУ, продовжується дотепер у трьох основних напрямках: модернізація солідарної системи; формування обов'язкової накопичувальної системи; розвиток добровільної недержавної накопичувальної системи.

Другим етапом реформування пенсійного страхування вважається період 2011-2016 рр. Прийняття у липні 2011 року Законом України «Про заходи щодо законодавчого забезпечення реформування пенсійної системи» [10] започаткувало у ПСУ такі основні зміни: поступове підвищення пенсійного віку з 60 до 65 років; збільшення мінімального страхового стажу з 5 до 15 років; підвищення відсотку внесків до солідарної пенсійної системи; зміна методики розрахунку базової заробітної плати для нарахування пенсій; зниження відсотку під час обчислення «спеціальних» пенсій до 80 % від заробітної плати; поступове запровадження обов'язкової накопичувальної системи.

Таблиця 2

**ДИНАМІКА ДОХОДІВ ТА ВИДАТКІВ ПФ УКРАЇНИ
НА ДРУГОМУ ЕТАПІ ЙОГО РЕФОРМУВАННЯ (МЛН ГРН)**

Рік	Номінальний ВВП	Доходи ПФ	Власні доходи ПФ	Видатки ПФ	Дефіцит бюджету ПФ	
					млн. грн	Темп приросту до поперед. року (%)
2011	1316600,0	193452,40	150214,30	209007,80	43238,10	-32,70
2012	1408889,0	222631,80	157980,40	233695,90	64651,40	49,52
2013	1454931,0	250539,30	166863,90	250350,00	83675,40	29,42
2014	1566728,0	241871,70	165923,30	248945,10	75948,40	-9,23
2015	1979458,0	236124,00	172457,20	253398,90	63666,80	-16,17
2016	2383182,0	269067,22	109967,93	254066,00	159099,3	149,89

Джерело: Складено та розраховано авторами за [6; 9].

Динаміку показників ВВП і бюджету ПФ на другому етапі реформування представлено у табл. 2.

Аналіз динаміки показників доходів і видатків ПФ України на другому етапі його реформування виявив такі тенденції: темп приросту доходів ПФ на кінець періоду до його початку становив 37 %; темп падіння власних доходів ПФ на кінець періоду до його

го початку становив 27 %; темп приросту видатків ПФ на кінець періоду до його початку становив майже 22 %. Тобто, незважаючи на заходи щодо законодавчого забезпечення реформування пенсійної системи, дефіцит ПФ продовжує зростати, пенсійне забезпечення залишається на низькому рівні, реформування галузі носить фрагментарний, несистемний характер.

Третім етапом реформування національної пенсійної системи вважається період з 2017 року і до тепер, саме на його початку було прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо підвищення пенсій» [11]. На основі цього Закону подальше реформування ПСУ з 1 січня 2018 року здійснювалося в таких напрямках: встановлені нові правила виходу на пенсію, а саме: збільшення страхового стажу чи пенсійного віку; розроблені нові правила розрахунку пенсій залежно від заробітної плати та страхового стажу; впроваджено механізм автоматичного перерахунку пенсій шляхом їх збільшення у відповідності із індексом інфляції та зростанням середньої зарплати; здійснено корегування формули розрахунку пенсій для пенсіонерів з великим стажем, але низькими доходами.

Також передбачалася підготовка до запуску накопичувальної системи пенсійного страхування, яка мала розпочати своє функціонування з 01 січня 2019 року, але в черговий раз була відкладена. Реформування ПСУ у 2019 році продовжувалося у таких напрямках: мінімальний розмір пенсії за віком з 1 грудня становив 1638,0 грн, максимальний — 16380,0 грн; при обчисленні заробітку для визначення розміру пенсії застосовується усереднений показник середньої заробітної плати в країні, з якої сплачено страхові внески, за три роки, що передують зверненню за призначенням пенсії, тобто за 2016–2018 роки; при визначенні розміру пенсії застосовується оцінка вартості одного року страхового стажу на рівні 1 %; **підвищення пенсії у зв'язку із зростанням прожиткового мінімуму** провадитиметься з 1 липня та з 1 грудня [12].

Динаміка показників ВВП і бюджету ПФ на третьому етапі реформування представлено у табл. 3.

Аналіз динаміки доходів і видатків ПФУ на третьому етапі реформування показав, що незважаючи на зростання номінального ВВП країни, доходів і власних доходів ПФ, дефіцит його бюджету у 2018 році збільшився. Темп приросту дефіциту бюджету ПФУ у 2018 році становив 10,3 %, у 2019 році збільшився до 27,4 %.

Таблиця 3

**ДИНАМІКА НАДХОДЖЕНЬ ТА ВИДАТКІВ ПФ УКРАЇНИ
НА ТРЕТЬОМУ ЕТАПІ ЙОГО РЕФОРМУВАННЯ (МЛН ГРН)**

Рік	Номінальний ВВП	Надходження до ПФ	Власні надходж. до ПФ	Видатки ПФ	Дефіцит бюджету ПФ	
					млн. грн	Темпи прир. до поперед. року (%)
2017	2982920,0	296281,71	158910,14	295430,31	137371,57	-13,7
2018	3558706,0	353628,60	202084,30	352905,31	151544,30	10,3
2019	3974600,0	34889,50	241784,10	435881,90	193105,4	27,4

Джерело: Складено авторами за [9; 13].

На сьогодні одним із важливих напрямів реформування та модернізації роботи ПФУ є цифровізація і діджиталізація. Оцифрування пенсійної справи дозволяє пенсіонеру звертатися до будь-якого відділення ПФ, а не лише за місцем реєстрації. Впровадження технології індивідуально-масового електронного інформування громадян із питань пенсійного забезпечення передбачено у «Стратегії модернізації та розвитку пенсійного фонду України на період до 2020 року» [14]. Водночас, більшість населення пенсійного віку не використовує сучасні смартфони, не мають достатньої підготовки та навиків користування ІТ, а часом і доступу до якісного інтернету. До переліку проблем цифровізації та діджиталізації населення пенсійного віку варто додати ряд існуючих кіберзагроз, зокрема кібершахрайство.

Використання історико-еволюційного методу наукового пізнання процесів реформування ПСУ дозволило дійти висновку, що етапи пенсійної реформи здійснювалися за двома основними напрямками. По-перше, це проведення інституційних змін, які передбачають формування сучасної законодавчої бази та інститутів пенсійної системи. До другого напрямку реформування ПСУ відносяться параметричні заходи, які спрямовані на осучаснення основних її параметрів — розміру страхових внесків і пенсій, пенсійного віку, страхового стажу та інше.

Аналіз трьох етапів реформування ПСУ показав, що було реформовано законодавчу базу, проведено часткову модернізацію ПФ й осучаснення пенсійних виплат. Однак, усі ці заходи носять точковий, фрагментний характер і не вирішують численні нако-

пичені проблеми пенсійної системи України. До основних загроз, які гальмують ефективний розвиток ПСУ, відносяться: значний дефіцит ПФ, низький рівень пенсійного забезпечення, складність, суперечливість і недосконалість пенсійного законодавства та відсутність дієвого державного нагляду та громадського контролю з питань його дотримання. Сучасний стан ПСУ можна вважати кризовим, так як пенсія не убезпечує населення від бідності; спостерігається значна тінізація доходів населення; система є соціально несправедливою; ПФ отримує значні дотації з бюджету. Адекватність дій щодо мінімізації або усунення існуючих загроз для галузі пенсійного забезпечення залежить від визначення їхньої пріоритетності. Для визначення ієрархії загроз системі пенсійного забезпечення доцільно використати економікоматематичний метод моделювання, зокрема, метод аналізу ієрархій Томаса Сааті [15].

В сучасних умовах європеїзації реалізація реформ національної пенсійної системи супроводжується численними загрозами. З метою ідентифікації та визначення пріоритетності цих загроз доцільно використати інструменти математичного аналізу та моделювання. Поняття «моделювання» в науково-довідковій літературі визначається як «метод дослідження об'єктів пізнання за допомогою їх моделей; побудова і дослідження моделей реально існуючих процесів, подій або дій і конструйованих абстрактних об'єктів для покращення їх характеристик, оптимізації способів їх побудови, управління тощо» [16].

Вирішення проблем, пов'язаних із реформуванням та побудовою сучасної національної пенсійної системи, неможливе без аналізу її існуючої моделі. Один із таких методів аналізу був запропонований американським математиком Т. Сааті в кінці 1970-х рр. Цей метод дозволяє систематизувати виокремлені загрози ефективному розвитку національної пенсійної системи, шляхом побудови моделі ієрархії визначених загроз і базуючись на отриманих результатах розробити першочергові завдання реформування. «Ієрархія є деякою абстракцією структури системи, призначеної для вивчення функціональних взаємодій її компонент і їх впливів на систему в цілому» [15, с. 12]. До переваг ієрархічної моделі варто включити ряд можливостей: використання для оцінки пріоритетності визначених загроз; отримання детальної інформації щодо структури і функції системи на всіх її рівнях; побудови ефективної модульної побудови системи; використання властивостей сталості і гнучкості [15, с.19].

Дослідженню використання економіко-математичних методів моделювання в страхуванні та застосування методу Т. Сааті при моделюванні ієрархії загроз у системі комерційного страхування присвячені праці вітчизняних науковців [17; 18]. Зважаючи на те, що сьогодні значно посилюються та поглибилися проблеми в соціально-економічній сфері України, доцільним є застосування методу Т. Сааті у моделюванні загроз процесу реформування пенсійного страхування.

Підсумовуючи висновки аналізу етапів розвитку та реформування ПСУ, наведемо перелік основних загроз і їхнє математичне позначення (табл. 4).

Таблиця 4

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ЗАГРОЗ ДЛЯ ПСУ

Перелік загроз	Математичне позначення загрози
Дефіцит бюджету ПФУ	z_1
Обмеженість використання інвестиційних інструментів та інших фінансових інститутів	z_2
Значна тінізація ринку праці та діяльності ПФУ	z_3
Низький рівень пенсійного забезпечення	z_4
Відтік робочої сили та старіння населення	z_5
Збільшення навантаження на державний бюджет	z_6
Високий рівень диференціації доходів населення	z_7
Недосконале адміністрування пенсійних активів	z_8
Зволікання із реформуванням системи пенсійного страхування	z_9

Наступним кроком процесу моделювання є систематизація визначених загроз. Множину загроз та можливі каузальні зв'язки між ними представимо у вигляді графа залежності між основними загрозами для ПСУ (рис. 1).

Орієнтований граф залежності між загрозами щодо реформування ПСУ містить дев'ять вершин. Стрілками визначені залежності між елементами, направлення стрілок — від наслідку загрози до причини її виникнення.

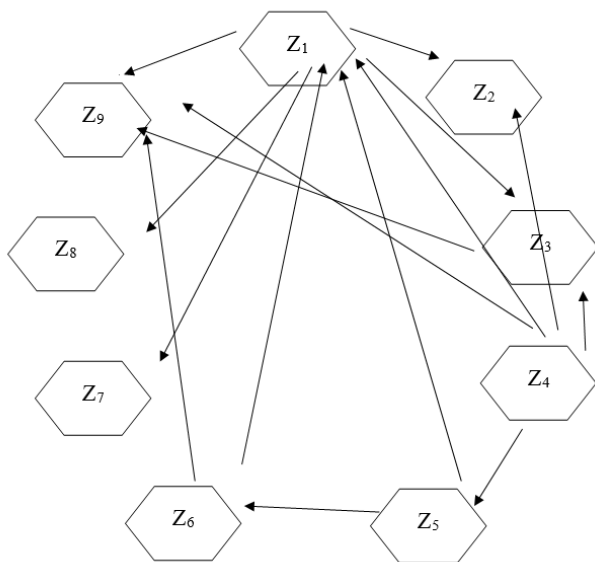


Рис. 1. Граф залежності між основними загрозами для євро-реформування ПСУ

За алгоритмом, визначеним у роботі [17], було проведено кроки побудови моделі ієрархії загроз реформування ПСУ. Ієрархія ендогенних загроз для системи пенсійного страхування України представлена на рис. 2. На першому, найнижчому рівні ієрархії загроз для ефективного функціонування та розвитку пенсійної системи України є низькі пенсії (коефіцієнти заміщення). Середній розмір пенсії громадян України є одним з найнижчих у Європі, в середньому коефіцієнт заміщення на сьогодні становить близько 20 %. При тому, що міжнародні зобов'язання України вимагають від нас забезпечувати його на рівні 40 % [19].

До другого рівня ієрархії загроз відноситься високий рівень диференціації доходів населення у різних регіонах і секторах економіки. У науковій праці [20] зазначається: «Значні масштаби тінізації національної економіки, що перевищують так званий безпечний рівень 30 %, указують на латентність процесів формування доходів значної кількості населення держави. За таких умов очевидно, що реальна проблема нерівності у розподілі доходів в Україні є набагато гострішою, ніж це показують дані офіційної статистики».

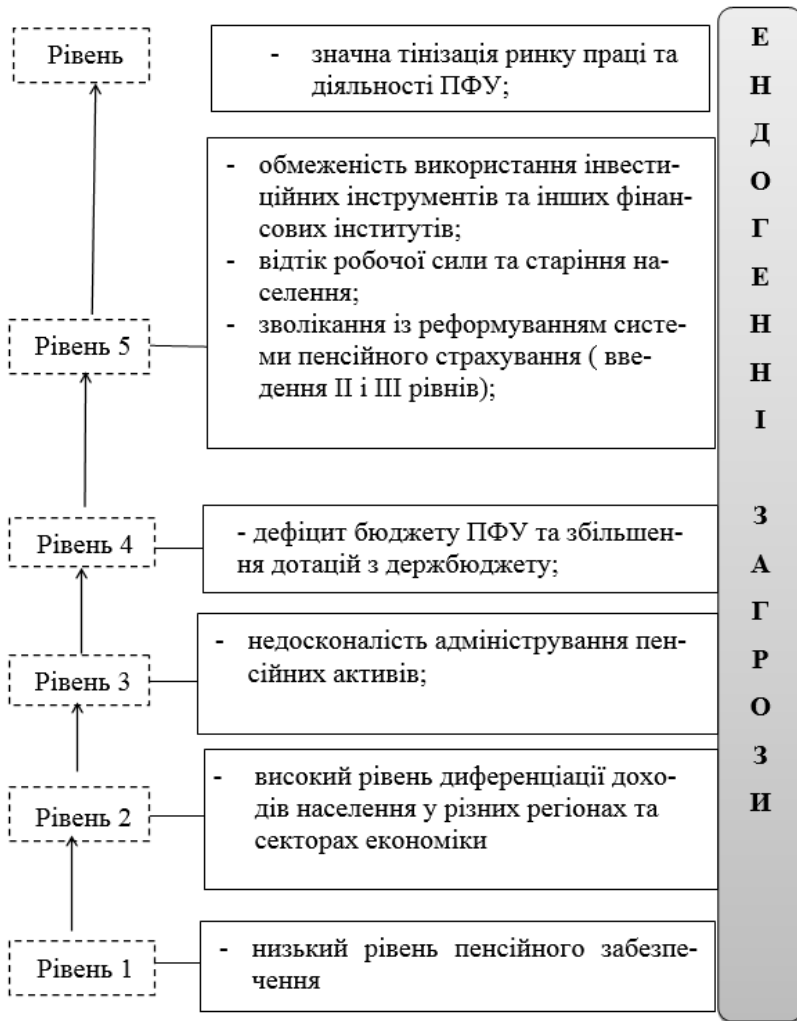


Рис. 2. Ієрархія ендогенних загроз для системи пенсійного страхування України

Недосконале адміністрування пенсійних активів відноситься до третього рівня ієрархії загроз для національної системи пенсійного страхування. Зважаючи на те, що пенсійна система України є складною, динамічною, адаптивною системою, яка потребує реформування в контексті її європеїзації, удосконалення управ-

ління фінансовими ресурсами ПФ, скорочення адміністративних витрат, підвищення транспарентності її роботи, провадження сучасних інформаційних технологій є сьогодні особливо актуальним.

На наступному четвертому щаблі загроз знаходяться дефіцит бюджету ПФУ та значні обсяги дотацій з Державного бюджету. Так, Постановою КМУ «Про затвердження бюджету Пенсійного фонду України на 2020 р.» [21] на покриття дефіциту коштів ПФУ з Державного бюджету України закладено 23835053,4 тис. грн. У науковій праці академіка В. Борейка [22] проведено аналіз дотацій з Державного бюджету до ПФУ за 2010-2019 рр. Вченим зазначено, що якщо у 2010 році частка державного бюджету у доходах ПФ становила 22,9 %, то у 2019 році цей показник зріс до 42,0 % і становив 167 млрд грн.

До групи вагомих загроз п'ятого рівня відносяться: зволікання із введенням II-го і III-го рівнів пенсійної системи, відтік робочої сили за кордон і старіння населення, обмеженість у використанні інвестиційних інструментів та інших фінансових інститутів. Такі параметричні зміни існуючої солідарної системи, як збільшення пенсійного віку та страхового стажу, корекція пенсійної формули, так зване «осучаснення пенсій» не можна віднести до повноцінної пенсійної реформи. Всі ці заходи не здатні вивести національну пенсійну систему із хронічного кризового стану. Тому реформа національної пенсійної системи повинна базуватися на зміні самої пенсійної моделі шляхом переходу від солідарної системи до моделі пенсійного забезпечення на основі трьох рівноправних та однаково важливих рівнів.

В Україні на ринку праці склалася депресивна ситуація, яка полягає у зростанні рівня безробіття, зниженні реальної заробітної плати, зменшенні кількості підприємств. Усі ці негативні фактори призводять до відтоку населення працездатного віку за кордон і, як наслідок, до зростання грошових переказів мігрантів та одночасно різкого зниження бюджетних надходжень. Ця ситуація підтверджує втрати держави в економічному, технологічному і інноваційному сенсі. «Така економічна парадигма суттєво детермінує уяву вітчизняних політиків, вчених і практиків про модель соціальної політики в державі (добробут — це тягар, принцип розподілу, капіталовкладення, право, мережа безпеки, система захоплення до праці чи капіталовкладення)» [23, с. 33.]. В умовах євроінтеграційного вектору розвитку України відбувається модифікація ролі і місця соціальних інститутів, зокрема ПФУ, щодо регулювання процесів праці та пенсійного забезпечення. Збільшення чисельності пенсіонерів і сум виплат пенсій, водночас, не-

відповідний обсяг надходження страхових внесків сприяє зростанню дефіциту бюджету ПФ. На думку фахівців, бистре старіння населення виснажує фінансову спроможність громадян, справляючи негативний вплив на економіку та соціальну сферу. Глибинна природа такого дисбалансу полягає в тому, що населення старшого віку значно швидше витрачає свої заощадження після виходу на пенсію, ніж молоде покоління встигає нагромадити.

Необхідною умовою ефективного функціонування накопичувальної пенсійної системи є створення інфраструктури та механізмів результативного інвестування пенсійних коштів у вітчизняні та зарубіжні проекти та надійного їхнього захисту від ризиків втрат або знецінення. Для цього необхідно стимулювати розвиток фондового ринку, вдосконалювати та збільшувати перелік фінансових інструментів, дозволених для інвестування пенсійних коштів. Створення в Україні ліквідного фондового ринку, привабливого для національних інвесторів та інвесторів-нерезидентів сприятиме переходу української економіки на якісно новий рівень, а отже, позитивно вплине на соціальну сферу країни.

До найвищого — шостого рівня загроз для розвитку пенсійної системи України відноситься значна тінізація ринку праці та діяльності ПФУ. Характерною ознакою національного ринку праці є його суттєва деформалізація, або зростання неформального сектору зайнятості. За даними Державної служби зайнятості, кількість осіб у віці 15-70 років, зайнятих у неформальному секторі економіки, становила 3,5 млн осіб. За 9 місяців 2019 року, порівняно із відповідним періодом 2018 року, цей показник скоротився на 125 тис. осіб. Незважаючи на позитивні зрушення, обсяги зайнятості громадян у неформальному секторі залишаються ще досить значними. Так, із числа зайнятих громадян у кожного п'ятого не були офіційно зареєстровані трудові відносини [24].

«Основними детермінантами структурних диспропорцій ринку праці є нестабільність політичної ситуації, відсутність узгодженості дій суб'єктів державного управління, структурна, макроекономічна та інституційна кризи, що призводить до скорочення можливостей створення нових робочих місць; поступового звуження обсягів попиту на робочу силу із одночасним наростанням деформаційних змін у його структурі» [25, с. 12].

Через низький рівень залучення зайнятого населення до системи соціального страхування потребує вдосконалення адміністрування діяльності фондів загальнообов'язкового державного соціального страхування, у тому числі ПФУ. Реформування пенсійної системи країни передбачає не лише вдосконалення

методології визначення пенсій, забезпечення бездефіцитного бюджету ПФУ, а й радикальної модернізації діяльності самого фонду. Ефективне функціонування ПФУ потребує нових підходів, які ґрунтуються на використанні інноваційних ідей та широкому втіленні новітніх інформаційних технологій.

Висновки. Використання методу аналізу Т. Сааті дозволило побудувати модель ієрархії загроз ефективному розвитку національної пенсійної системи. Ієрархічну модель використано для визначення пріоритетності визначених загроз та опрацювання першочергових завдань щодо реформування пенсійної системи України. Визначено, що найнижчий рівень ієрархічної моделі загроз займає показник коефіцієнта заміщення. Середній розмір пенсії громадян України може зростати та досягти хоча б мінімального європейського рівня тільки за умови докорінного реформування національної економіки та її потужного розвитку. Гострота проблеми нерівності у розподілі доходів в Україні доводить латентність процесів формування доходів значної кількості населення держави, цю загрозу віднесено на другий рівень ієрархії. Методики тарифікації та розрахунку заробітної плати в Україні не мають під собою сталого законодавчого унормування та наукового обґрунтування. Модель системи кількісного визначення та управління рівнем заробітної плати повинна ґрунтуватися на науково-методологічних принципах і відповідати європейським вимогам.

До третього рівня ієрархії загроз віднесено недосконале адміністрування пенсійних активів. Реформування пенсійної системи України в контексті її європеїзації потребує удосконалення управління фінансовими ресурсами ПФ. Напрямами такого реформування є скорочення адміністративних витрат за рахунок впровадження сучасних інформаційних технологій; підвищення професійної компетентності працівників системи; удосконалення контролю за діяльністю ПФ, підвищення транспарентності діяльності та інші.

До четвертого рівня загроз належить дефіцит бюджету ПФУ та значні обсяги дотацій з Державного бюджету. На сьогодні дисбаланс між числом працюючих і числом пенсіонерів тільки зростає, а відтак, зростає дефіцит ПФУ та обсяги його фінансування з державного бюджету. Альтернативним рішенням цієї проблеми, яка тільки поглиблюється, була б пряма передача функцій ПФУ державному бюджету. Заміна єдиного соціального внеску соціальним податком, який буде надходити безпосередньо в бюджет, ліквідація ПФУ як банкрута матиме позитивні результати як для пенсіонерів, так як їхній захист буде гарантований статтею державного бюджету, так і для держави, так як у держа-

ви виникне можливість контролювати надходження та видатки статей пенсійного забезпечення. Зволікання із проведенням пенсійної реформи загрожує подальшим зростанням не тільки дефіциту бюджету ПФУ, а й державного бюджету країни.

До найбільш значущих загроз для національної пенсійної системи відносяться: обмеженість використання інвестиційних інструментів та інших фінансових інститутів; відтік робочої сили та старіння населення; зволікання із реформуванням системи пенсійного страхування (введення II і III рівнів). Ці загрози представлені п'ятим рівнем ієрархії. Впровадження трирівневої пенсійної системи дозволяє захистити її від негативного впливу демографічних тенденцій і коливань економічного розвитку. Вирішення цього питання повинно ґрунтуватися на комплексному підході, коли етапи пенсійної реформи узгоджені із темпами економічного розвитку держави, реформуванням рівня життя і доходів населення, розвитком фондового ринку та інше. Ефективний розвиток фондового ринку можливий за умови зростання національної економіки, що сприятиме появі надійних емітентів і великих інвесторів та наповненню фондового ринку цінними паперами.

Теперішній відтік трудових мігрантів з країн ЄС із-за пандемії коронавірусу процес тимчасовий, так як після закінчення карантину і відкриття кордонів потік мігрантів буде й надалі зростати. Через демографічний тиск і старіння населення країни ЄС та інші країни все більше будуть стикатися з нестачею робочої сили і сприятимуть лібералізації трудової міграції. Тому міграція повинна стати частиною стратегічного планування соціальної та економічної політики України. Стале економічне зростання та соціальний розвиток на основі глибинних реформ спонукатиме працездатне населення залишатися навчатися та працювати в Україні.

До найвищого — шостого рівня ієрархії загроз відносяться значна тінізація ринку праці та діяльності ПФУ. Значно зменшити рівень тінізації можливо за умови підвищення ефективності роботи державних органів та покращення законодавчого забезпечення підприємницької діяльності. Першочергові заходи держави повинні бути направлені на інституційну реформу та законодавче врегулювання системи заходів щодо недопущення корупції та покарання за корупційні дії. На сьогодні необхідно посилити відповідальність роботодавця за неналежне оформлення трудових відносин із працівниками та ухилення від сплати податків і страхових внесків. Зменшення податкового навантаження на заробітну плату працівників та опрацювання методики раціонального перероз-

поділу податкового навантаження між працівником та роботодавцем сприятимуть виходу заробітної плати з тіні, що позитивно позначиться на надходженнях страхових внесків до ПФУ.

Існує також багато невирішених питань у діяльності самого ПФУ. Загрози щодо функціонування ПФУ мають комплексний, системний характер і формуються на основі демографічних, фінансових, політичних, інституційних, макроекономічних, адміністративно-законодавчих ризиків і ризику дисбалансу національної економіки. На формування загроз для діяльності ПФУ впливають також ризики, які не мають визначеної кількісної оцінки. До таких відносяться юридичний, стратегічний і репутаційний ризик. Постійний моніторинг, контроль та аналіз ризиків сприятиме мінімізації впливу зовнішніх і внутрішніх факторів, а отже, уникненню або мінімізації загроз для ПФУ.

Отже, концептуальні засади реформування ПФУ мають базуватися на комплексному підході, який включає в себе такі основні складові: інституційна складова, завданням якої є створення інфраструктурного кластеру щодо діяльності ПФУ, надання адміністративних послуг та обслуговування населення; забезпечення прозорості діяльності ПФУ на основі впровадження новітніх технологій адміністрування; модернізації його інформаційних ресурсів, підвищення ефективності системи управління, перехід на електронний документообіг, створення надійної системи захисту даних; впровадження новітніх підходів до формування кадрової політики фонду на основі підвищення професійної компетентності, продуктивності та якості обслуговування у сфері пенсійного забезпечення.

Актуальність реформування національної пенсійної системи сьогодні значно підвищується у зв'язку із початком нової світової економічної кризи, яка для нереформованої економіки України стане серйозним випробуванням. Активізація впровадження пенсійної реформи матиме позитивний вплив на всю економічну систему країни, так як створить додаткові стимули для виходу бізнесу з тіні та сформує значний внутрішній потенціал фінансових ресурсів для інвестування й розвитку економіки.

Бібліографічні посилання

1. Про основні напрями реформування пенсійного забезпечення в Україні: Указ Президента України від 13.04.1998 № 291/98. Офіційний вісник України. 1998. № 15. Ст. 569.
2. Про загальнообов'язкове державне пенсійне страхування : Закон України від 09.07.2003р. № 1058-IV. Відомості Верховної Ради України. 2003. №№ 49–51. Ст. 376.

3. Про недержавне пенсійне забезпечення: Закон України від 09.07.2003 р. № 1057-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1057-15>.
4. Аналітичний огляд ринку небанківських фінансових послуг України за 2010 рік. Національне рейтингове агентство «РІОПІК». URL: http://rurik.com.ua/documents/research/non_banks_2010.pdf.
5. Про стратегію розвитку пенсійної системи: Розпорядження КМУ України від 15.12.2005 р. № 525-р URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/525-2005-%D1%80>.
6. Украина — ВВП на душу населения. URL: <https://knoema.ru/atlas/>.
7. Индекс реальной заработной платы. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/labour/salary/index/>.
8. Проект Концепції подальшого проведення пенсійної реформи в Україні: Розпорядження КМУ від 14.10.2009 р. № 1224-р URL: <https://www.pfu.gov.ua/9319-rozporядzhennya-kabinetu-ministriv-ukrayiny-vid-14-10-2009-r-1224-r-pro-shvalennya-kontseptsiyi-podalshogo-provedennya-pensijnnoyi-reformy/>.
9. Пенсійний фонд України. URL: <https://www.pfu.gov.ua/statystyka/vydatky-ta-dohody-byudzhetu-fondu/>.
10. Про заходи щодо законодавчого забезпечення реформування пенсійної системи : Закон України від 08.07.2011 р. № 3668-VI. Відомості Верховної Ради України. 2012. №№ 12–13. Ст. 82.
11. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо підвищення пенсій: Закону України від 03.10.2017 р. № 2148-VIII. URL: <https://www.pfu.gov.ua/29025-zminy-u-pensijnomu-zabezpechenni-gromadyan-z-1-sichnya-2018-roku/>.
12. Офіційний сайт Пенсійного фонду України. URL: <https://www.pfu.gov.ua/>.
13. Зростання ВВП в Україні в 2019 р. Держстат. URL: <https://ua-news.liga.net/economics/news/zrostannya-vvp-ukraini-v-2019-rotsi-spovilnilosya-do-32---derjstat#>.
14. Стратегії модернізації та розвитку пенсійного фонду України на період до 2020 року: Розпорядження КМУ від 14 вересня 2016 р. № 672-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/672-2016-%D1%80>.
15. Саати Т.Л. Принятие решений, метод анализа иерархий / пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. Москва: Радио связь, 1993. 278 с.
16. Енциклопедичний словник з державного управління / уклад.: Ю.П. Сурмін, В.Д. Бакуменко, А.М. Михненко та ін.; за ред. Ю.В. Ковбасюка, В.П. Трощинського, Ю.П. Сурміна. Київ: НАДУ, 2010. 820 с.
17. Позднякова Л.О., Мамонова Г.В. Моделювання ієрархії загроз ефективному розвитку системи комерційного страхування. Світ фінансів. 2016. № 3(48). С. 136-148.
18. Позднякова Л.О., Мамонова Г.В. Використання економіко-математичних методів моделювання в процесах страхування. Актуальні проблеми економіки. 2011. № 6. С. 278-284.

19. Належне та ефективне державне регулювання трьох колон пенсійного забезпечення громадян України 2020. URL: <https://rada.gov.ua/news/Novyny/187818.html>.

20. Нагорна А.М., Ніколаєнко Л.А. Диференціація доходів населення та економічне зростання в Україні. Інфраструктура ринку. 2019. Вип. 35. С. 343-350.

21. Про затвердження бюджету Пенсійного фонду України на 2020 р.: Постанова КМУ від 24 січня 2020 р. №22. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/22-2020-%D0%BF>.

22. Борейко В.І. Вплив дефіциту Пенсійного фонду на економічний розвиток України. Вісник економічної науки України. 2019. № 1. С.8-10.

23. Українська міграція в умовах глобальних і національних викликів XXI століття: наукове видання / наук. ред. У.Я. Садова. Львів, 2019. 110 с.

24. Офіційний сайт Державної служби зайнятості. URL: <https://www.dcz.gov.ua/analytics/67>.

25. Український ринок праці: імперативи та можливості змін: колективна монографія / за наук. ред. д.е.н., проф. І.Л. Петрової, к.е.н. В.В. Близнюк; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогнозув. НАН України». Київ. 2018. 356 с.

Статтю подано до редакції 02.10.2020

УДК: 330.4

DOI 10.33111/mise.99.10

Пирогов В.І.

аспірант кафедри економіко-математичного моделювання
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Purohov V.I.

postgraduate of economic-mathematical modeling department
SHEI KNEU named after V. Hetman

ВИКОРИСТАННЯ СТРАТИФІКОВАНОГО СЕМПЛІНГУ КОНТРОЛЬНОЇ ВИБІРКИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПРЕДИКАТИВНОСТІ МОДЕЛЕЙ БУСТІНГОВИХ ДЕРЕВ РІШЕНЬ

USAGE OF STRATIFIED SAMPLING OF CONTROL SUBSET FOR PREDICATIVITY IMPROVEMENT OF BOOSTED DECISION TREE MODELS

Анотація. У статті проведено дослідження щодо забезпечення стабільності результату класифікації кредитоспроможності позичальника фізичної особи банку за допомогою алгоритму бустінгових дерев рішень з використанням стратифікованого семплінгу.

Описано загальний принцип роботи платформи для досліджень у сфері науки про дані Kaggle, в рамках якого фахівці зі статистики та добуван-

ня даних конкурують у створенні найкращих моделей для прогнозування та опису даних, запропонованих компаніями або користувачами.

Проаналізовано моделі та програмну реалізацію алгоритму бустінгових дерев рішень для вирішення задачі оцінки кредитоспроможності позичальника банку. Описано найефективніші програмні пакети, що використовуються для програмної реалізації бустінгових дерев рішень — XGBoost та LGBM

Для підтвердження результатів застосовано інструментарій програмного пакету LGBM на даних банку Home Credit доступних у ході Home Credit Competition на платформі з дослідження даних Kaggle.

Наведено деталі змагання Home Credit Competition: проведено опис наданих даних, підхід до створення характеристик для навчання моделі та програмний підхід що був запропонований у ході участі у змаганні.

У ході дослідження запропоновано використання стратифікованого семплінгу контрольної вибірки за цільовою змінною та найбільш значущими характеристиками в ході навчання моделі задля збільшення стабільності результату класифікації і підвищення ефективності валідації модернізації архітектури моделі.

Експериментальним шляхом доведено, що використання стратифікованого семплінгу контрольної вибірки у ході навчання моделей бустінгових дерев рішень дає можливість збільшити стабільність результату моделі, що підвищує ефективність валідації модернізації архітектури моделі.

Ключові слова: дерева рішень; градієнтний бустінг; стратифікований семплінг; XGBoost; LGBM; Kaggle.

Abstract. In the article has been conducted a research aiming increase of classification result stability of commercial bank's debtor creditworthiness with usage of boosted decision trees algorithm with application of stratified sampling.

The general principle of the Kaggle data science research platform is described, in which statistics and data mining specialists compete to create the best models for forecasting and data modelling based on the data offered by companies or users.

Has been conducted an analysis of models and program implementation of boosted decision trees algorithm for estimation of commercial bank's debtor creditworthiness. The most effective program packages are described — XGBoost and LGBM, which are used for program implementation of boosted decision trees.

For confirmation of the results, has been used a program package LGBM on data of Home Credit Bank, available in the scope of Home Credit Competition on data science platform Kaggle.

The details of Home Credit Competition are shared: conducted a description of input data, a description of an approach for creation of characteristics for training a model and technical approach which was proposed during participation in the competition.

During the research proposed to use stratified sampling of control dataset by target variable and the most significant characteristics during training of a model to increase a stability of the result of classification and enhance efficiency during a process of modernization of model's architecture.

Proved experimentally, that the use of stratified sampling of the control sample during the training of boosted decision tree models makes possible to increase the stability of the model result, which increases the efficiency of validation of modernization of the model architecture.

Keywords: decision trees; gradient boosting; stratified sampling; XGBoost, LGBM; Kaggle.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Із становленням новітнього інформаційного суспільства на рубежі 20-21 століть перед сучасною економічною наукою постали нові виклики та можливості. Оновлена економічна система генерує колосальні потоки інформації, які можна використовувати для отримання додаткового економічного ефекту, отримуючи додану вартість за допомогою правильного тлумачення даних за допомогою сучасних математичних методів.

Відповідно до останніх досліджень [1], тільки за 2016-2017 роки людство згенерувало об'єм інформації більший ніж за попередні 5000 років розвитку людства.

Незважаючи на великий об'єм генерованої інформації для прийняття операційних рішень використовується лише її невеликий відсоток — 0,5 % [1].

Актуальність дослідження. Виникає необхідність у використанні даних для генерування доданої вартості, а значить формується необхідність і у створенні наукового підґрунтя для використання інформації для досягнення економічних цілей. Сьогодні ми стаємо свідками становлення такої науки, що отримала назву Наука про дані (Data Science).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед провідних науковців що працюють у сфері науки про дані, можна виділити праці Джефрі Хінтона [11, 12], Ендрю Іня, Яна ЛеКуна [14], Йошуа Бенджіо, Пітера Норвіга [13], Яна Гудфеллоу [14] та ін.

Kaggle — платформа для досліджень у сфері науки про дані. Молода наука потребує як нового інструментарію, так і нової методології, нових підходів до вирішення специфічного кола задач, що постають перед нею.

Одним із таких сучасних інструментів стають інтернет ресурси, що спеціалізуються на вирішенні задач пов'язаних із наукою про дані. На даний момент найбільшим і найпопулярнішим data science інтернет-хабом є ресурс Kaggle [2].

Kaggle — платформа для змагань з аналітики та передбачувального моделювання, в рамках якого фахівці зі статистики та добування даних конкурують у створенні найкращих моделей для прогнозування та опису даних, запропонованих компаніями або користувачами. Цей краудсорсинговий підхід ґрунтується на тому, що є безліч стратегій, які можуть бути застосовані до будь-якого завдання з передбачувального моделювання, і наперед не відомо, яка методика або аналітичний підхід буде найефективнішим [3].

Метою статті є дослідження теоретичного підґрунтя та практичних підходів вирішення проблеми бінарної класифікації на відкритих даних банку HomeCredit у рамках змагання Home Credit Default Risk competition [4].

Виклад основного матеріалу дослідження. У рамках Home Credit Default Risk competition банком HomeCredit було надано дані по кредитним заявкам на 2 роздрібні кредитні продукти: споживчі кредити та кредитні карти. Специфіка формування вхідної вибірки передбачала вибір популяції unbankable клієнтів, які б отримали відмову у отриманні кредиту за одним із наявних кредитних правил, але були прокредитовані банком задля покращення існуючих моделей прийняття рішень і розширення кола потенційних позичальників.

Враховуючи, що Home Credit банком було обрано вибірку клієнтів із низьким кредитним рейтингом для забезпечення достатньої прогностичної сили аналітичних моделей банком було надано додаткові джерела даних, такі як:

- детальна поведінкова інформація по балансу наявних і попередніх кредитів клієнта та його платежам за даними кредитного бюро та внутрішніми даними банку;
- інформація із реєстрів нерухомості про стан і середні значення факторів що характеризують нерухомість, що перебуває у власності клієнта;
- оцінки регіону проживання клієнта;

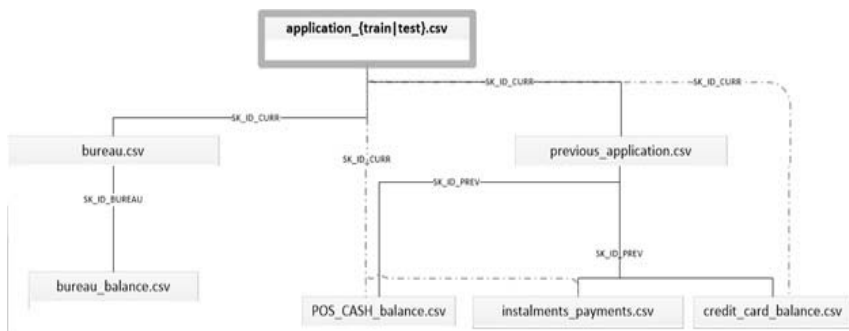


Рис. 1. Структура вхідних даних Home Credit Competition (побудовано на основі публічних даних [5])

Навчальна вибірка, надана банком для побудови прогностичної моделі включала 307 511 спостережень (табл. 1).

Таблиця 1

**СТРУКТУРА ВХІДНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ВИБІРКИ
HOMECREDIT COMPETITON**

Тип кредиту	Кількість спостережень	% спостережень
Кредит виплачено	282 686	91.93%
Дефолт	24 825	8.07%
Grand Total	307 511	100.00%

Тестова вибірка, надана банком для валідації побудованої моделі включала 48 744 спостережень.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Метод бустингових дерев рішень. Одним із найпопулярніших та найефективніших алгоритмів, що використовуються у ході data science змагань є метод gradient boosted trees (бустингові дерева рішень).

Класичною працею, що заклала теоретичний фундамент для створення бустингових дерев рішень є робота Ж. Фрідмана «Жадібна апроксимація функцій: машина градієнтного бустингу»[6]

В основу праці Фрідмана закладена ідея, що сама по собі базова предикативна модель є «слабкою», і може бути посиленою завдяки побудові ансамблів моделей, характеристики яких будуть перевизначитися за допомогою оптимізаційних алгоритмів (наприклад алгоритм градієнтного спуску). Результат отриманого ансамблю моделей агрегується і вихідна модель рахується «сильною» за рахунок зменшення дисперсії вихідного результату і оптимізації параметрів. Загальне представлення вихідної моделі матиме вигляд:

$$F(x; \{b_m, a_m\}_1^M) = \sum_{m=1}^M b_m h(x; a_m) \quad (1)$$

де $h(x; a_m)$ – параметрична функція із вхідними змінними x та параметрами $a = \{a_1, a_2 \dots\}$

Розглянемо випадок коли кожна базова модель є деревом рішень. В такому разі кожне дерево рішень має адитивну форму:

$$h(x; \{b_j, R_j\}_1^J) = \sum_{j=1}^J b_j 1(x \in R_j) \quad (2)$$

У даному виразі $\{R_j\}_1^J$ це простір кінцевих вузлів дерева рішень, що повністю покриває діапазон значень незалежної змінної x .

Функція-індикатор $1(*)$ має значення 1 якщо її аргумент справджується, і 0 у протилежному випадку.

Параметрами даної базової моделі є коефіцієнти $\{b_j\}_1^J$ які визначають границі просторів $\{R_j\}_1^J$, що в свою чергу представляють розподіли некінцевих вузлів дерева.

Для дерева рішень визначення бустінгового алгоритму набуває вигляду:

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + p_m \sum_{j=1}^J b_{jm} 1(x \in R_j) \quad (3)$$

де $\{R_{jm}\}_1^J$ — простори визначені кінцевими вузлами дерева рішень у ході ітерації m .

Призначення даних просторів полягає у прогнозуванні псевдо-відповідей $\{\bar{y}_i\}_1^N$.

p_m — фактор масштабування для алгоритму лінійного пошуку. Запис (3) може бути зведений до:

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + \sum_{j=1}^J \gamma_{jm} 1(x \in R_j) \quad (4)$$

де $\gamma_{jm} = p_m b_{jm}$

В цілому алгоритм може бути описаний наступним циклом:

$$F_0(x) = \text{median}\{y_i\}_1^N$$

For $m = 1$ to M do:

$$\bar{y}_i = \text{sign}(y_i - F_{m-1}(x_i)), i = 1, N$$

$$\{R_{jm}\}_1^J = \text{дерево рішень } \{\bar{y}_i, x_i\}_1^N$$

$$\gamma_{jm} = \text{median}_{x_i \in R_{jm}} \{y_i - F_{m-1}(x_i)\}, j = 1, J$$

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + \sum_{j=1}^J \gamma_{jm} 1(x \in R_j)$$

end For

end Algorithm [6]

Гradientне посилення (бустінг) дерев рішень створює конкурентоспроможні, надійні, інтерпретовані моделі для вирішення задач класифікації, причому хороші результати досягаються навіть в умовах низької якості вхідних даних.

Програмні пакети XGBoost та LGBM. XGBoost — це бібліотека програмного забезпечення з відкритим кодом, що є фреймворком з підтримкою алгоритму gradientного бустінгу для мов програмування C++, Java, Python, R, і Julia, створена в 2014 році. Бібліотека працює на Linux, Windows, та macOS.

Крім роботи на одному комп'ютері, XGBoost також підтримує розподілені структури обробки даних, такі як Apache Hadoop, Apache Spark і Apache Flink. Вона отримала велику популярність і увагу нещодавно, оскільки цей алгоритм використовувався багатьма командами-переможцями на змаганнях з машинного навчання.

XGBoost було засновано як дослідницький проект у рамках групи Distributed Machine Learning Communities (DMLC) [9]. Спочатку бібліотека представляла собою додаток що настроювався за допомогою конфігураційного файлу. Після перемоги в програмі Higgs Machine Learning Challenge бібліотека стала відомою у колах змагань ML. Незабаром до XGBoost було додано пакети для Python і R, зараз існують пакети для багатьох інших мов, таких як Julia, Scala, Java та ін. Можливість використання різних мов програмування розширила коло розробників і принесла XGBoost популярність серед спільноти Kaggle. Робота над XGBoost була опублікована авторами бібліотеки Тіагі Ченом (Tianqi Chen) та Карлосом Гюестріном (Carlos Guestrin) на науковому інтернет-ресурсі arxiv.org та знаходиться у вільному доступі.[7]

LightGBM (LGBM) — фреймворк для gradientного бустінгу що використовує навчальні алгоритми дерев рішень. LightGBM є сучаснішою оптимізованою програмною реалізацією алгоритму жадібної апроксимації функцій з використанням дерев рішень. Основні сильні сторони LightGBM:

- 1) більша швидкість та ефективність навчання моделей;
- 2) вища точність отриманих моделей;
- 3) більш ефективне використання оперативної пам'яті у ході побудови моделей;
- 4) підтримка паралельного навчання та навчання за допомогою графічних процесорів [8].

Порівняльний аналіз результатів на відкритих наборах даних показав, що LightGBM перевершує існуючі бустінгові фреймворки як за ефективністю, так і за точністю.

Опис початкових предикативних моделей побудованих у ході змагання Home Credit. Першим етапом у підготовці предикативної моделі була первинна обробка даних і розробка характеристик на основі незалежних змінних моделі.

У ході розробки характеристик використовувались:

1. математико-статистичний підхід — застосування набору математичних функцій для агрегації наявних даних по обслуговуванню кредитів клієнта;

- середнє значення;
- мінімум;
- максимум;
- сума;
- стандартне відхилення;
- кількість унікальних записів;

2. експертний аналіз даних на основі економічного змісту базових незалежних змінних:

• **Income per Person** — дохід позичальника в розрахунку на 1 члена його сім'ї.

• **Children ratio** — відношення кількості дітей у сім'ї позичальника до загальної кількості членів його сім'ї.

• **Credit to Goods ratio** — відношення суми кредиту до вартості товарів що були придбані в кредит.

3. специфічні показники що використовуються у банківському секторі у сфері роздрібного кредитування:

• **DPD** — *days past due* — просрочення платежу за кредитом.

• **DBD** — *days before due* — виконання платежу за кредитом раніше графіку.

• **Loan to Income ratio** — відношення суми кредиту до доходу позичальника.

Загальна кількість характеристик, що була включена до остаточної моделі — 591.

Використання стратифікованого семплінгу для створення контрольної вибірки у ході навчання моделі бустінгових дерев рішення. У ході побудови бустінгових предикативних моделей важливим завданням дослідника є формування контрольної вибірки.

Використання контрольної вибірки у ході підготовки моделі дає можливість запобігти перенавчанню (*overfitting*) предикативної моделі — запобігти випадків коли модель здатна успішно розпізнавати лише конкретний набір навчальних даних.

Процес формування контрольної вибірки включає відбір спостережень із загального набору таким чином, щоб контрольна

вибірка була якомога наближенішою до навчальної за своїми властивостями.

Для збереження властивостей навчальної вибірки у контрольній використовується метод стратифікованого семплінгу.

Стратифікований семплінг — метод випадкового відбору, що передбачає поділ загальної популяції на менші підгрупи (страти) і проведення випадкового відбору із страт. Страти формуються базуючись на гомогенних характеристиках популяції, що дає можливість відтворити гетерогенність загальної популяції у вибірці.

Класичною працею що описує використання стратифікованого семплінгу у статистиці є робота Дж. Неймана «Про два різні аспекти репрезентативного методу: метод стратифікованого семплінгу і метод цільового вибору» [10].

Базова ідея стратифікованого семплінгу:

1. розбиття гетерогенної вибірки на менші групи, або страти (підпопуляції), такі що групи відбору є:

- гомогенними відносно цільових характеристик страти;
- гетерогенними відносно цільових характеристик між стратами;

2. проведення випадкового відбору спостережень із кожної страти у відповідності із розподілом цільових характеристик страт у початкових даних;

Загальний підхід до проведення стратифікованого відбору наведено на рис. 2.

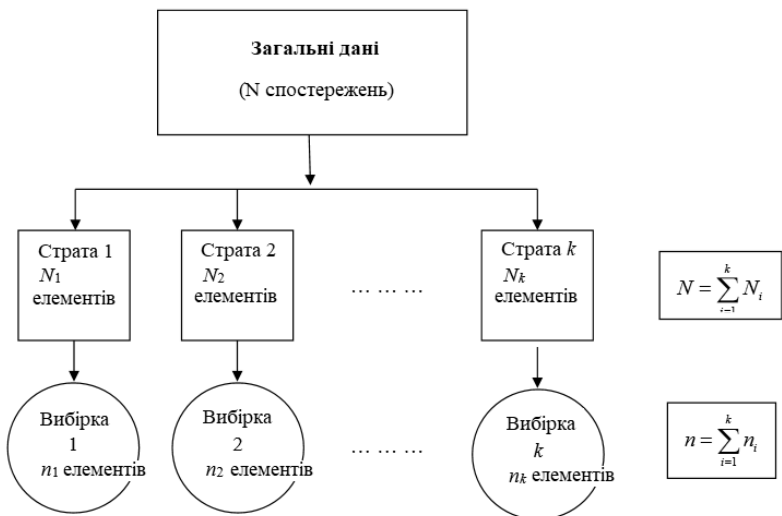


Рис. 2. Опис проведення стратифікованого семплінгу вибірки (побудовано автором)

Результати XGBoost та LGBM із використанням стратифікованого семплінгу вибірки.

У ході дослідження проведено експеримент з використання стратифікованого семплінгу для формування контрольної вибірки для навчання економіко-математичної моделі з використанням моделі бустінгових дерев рішень.

Для проведення експерименту використано 3 методики відбору для контрольної вибірки:

1. випадковий відбір;
2. стратифікований відбір за залежною змінною;
3. стратифікований відбір за залежною змінною та найбільш значущими змінними моделі із групи EXT_SRC;

Для усіх методик використовувалась спільна архітектура моделі та вхідні характеристики.

У результаті проведених 5 досліджень для кожного із типів відбору отримано наступні результати LGBM моделей на контрольній вибірці (табл.і 2-4):

Таблиця 2

ВИПАДКОВИЙ ВІДБІР

№	1	2	3	4	5
AUC	0.7963041	0.7902307	0.7859878	0.7872575	0.7750518

$$\text{Дисперсія } \sigma^2 = 6.02121 * 10^{-5}$$

Таблиця 3

СТРАТИФІКОВАНИЙ ВІДБІР ЗА ЗАЛЕЖНОЮ ЗМІННОЮ

№	1	2	3	4	5
AUC	0.7951976	0.7903783	0.7896288	0.7850145	0.7907957

$$\text{Дисперсія } \sigma^2 = 1.314457 * 10^{-5}$$

Таблиця 4

СТРАТИФІКОВАНИЙ ВІДБІР ЗА ЗАЛЕЖНОЮ ЗМІННОЮ ТА ЗМІННИМИ EXT_SRC

№	1	2	3	4	5
AUC	0.7934122	0.7911496	0.7871199	0.7895246	0.7876644

$$\text{Дисперсія } \sigma^2 = 6.671408 * 10^{-6}$$

Базуючись на отриманих результатах можна зробити висновок що використання стратифікованого відбору за показниками, які

мають найбільший вплив на модель, призводить до зменшення дисперсії результатів ітерацій моделі на контрольній вибірці.

Даний результат дає можливість збільшити стабільність результату моделі, що стає у нагоді у ході валідації ефективності модернізації архітектури моделі.

Наступним етапом експерименту є порівняння предикативної сили моделей побудованих із використанням різних методів відбору валідаційної вибірки. Для оцінки предикативної здатності використовувалась тестова вибірка, яка, за правилами конкурсу, була недоступна для дослідників. Результат оцінки предикативної здатності для тестової вибірки відбувався на стороні системи Kaggle базуючись на оцінці цільової змінної.

Результат побудованих моделей на тестовій вибірці наведено у табл. 5.

Таблиця 5

**РЕЗУЛЬТАТИ ПОБУДОВАНИХ МОДЕЛЕЙ
НА ТЕСТОВІЙ ВИБІРЦІ**

Тип валідаційної множини	Результат (AUC)	
	Валідаційна вибірка	Тестова вибірка
Випадковий відбір	0.78697	0.7907
Стратифікований відбір за залежною змінною	0.7902	0.79156
Стратифікований відбір за залежною змінною та змінними EXT_SRC	0.78977	0.79354

Як видно із отриманих результатів, навіть враховуючи неозначний результат отриманий безпосередньо на контрольній вибірці (стратифікований відбір тільки за залежною змінною показав кращий результат, ніж відбір за залежною змінною і найбільш значущими змінними моделі), на тестовій вибірці предикативна сила отриманої моделі прямо залежить від глибини стратифікації при відборі спостережень до контрольної вибірки.

Висновок. Моделі бустінгових дерев рішень впевнено тримають лідерство серед алгоритмів, що використовуються у змаганнях з класифікації даних.

Найпопулярнішими програмними пакетами, які використовуються для створення моделей бустінгових дерев рішень є класичний XGBoost та більш оптимізоване рішення з використанням аналогічного алгоритму — LGBM.

У ході змагань з класифікації даних виникає необхідність забезпечення стабільного результату за інших рівних умов, відпо-

відно виникає необхідність елімінувати флуктуації розподілу характеристик у контрольній вибірці у порівнянні із загальним набором даних.

Запропоновано використання стратифікованого семплінгу за цільовою змінною та найбільш значущими характеристиками моделі для вирішення описаної проблеми.

За результатами проведеного дослідження можна зробити висновок, що:

1. додаткова стратифікація у ході відбору контрольної вибірки позитивно впливає на предикативну силу моделі за рахунок збереження гетерогенності загального набору даних у контрольній вибірці;

2. окрім позитивного впливу на предикативну силу, використання стратифікованого відбору за найбільш значущими показниками моделі, призвело до зменшення дисперсії результатів ітерацій моделі на контрольній вибірці.

Використання стратифікованого семплінгу контрольної вибірки у ході навчання моделей бустінгових дерев рішень дає можливість збільшити стабільність результату моделі, що підвищує ефективність валідації модернізації архітектури моделі.

Бібліографічні посилання

1. Harris R. More data will be created in 2017 than the previous 5,000 years of humanity. *App Developer Magazine*. 2016. URL: <https://appdeveloper magazine.com/more-data-will-be-created-in-2017-than-the-previous-5,000-years-of-humanity-/> (дата звернення 01.05.2020)

2. Платформа для змагань з аналітики та передбачувального моделювання Kaggle: веб-сайт. URL: <https://www.kaggle.com/> (дата звернення 01.05.2020)

3. Kaggle. *Вікіпедія* : веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Kaggle> (дата звернення 01.05.2020)

4. Home Credit Default Risk. *Kaggle*: веб-сайт. URL: <https://www.kaggle.com/c/home-credit-default-risk> (дата звернення 01.05.2020)

5. Home Credit Default Risk Competition Data Description. *Kaggle*: веб-сайт. URL: <https://www.kaggle.com/c/home-credit-default-risk/data> (дата звернення 01.05.2020)

6. Friedman J.H. Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*, Vol. 29, No. 5. P. 1189-1232. URL: https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.aos/1013203451 (дата звернення 01.05.2020)

7. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *arXiv:1603.0275*. URL: <https://arxiv.org/abs/1603.02754> (дата звернення 01.05.2020)

8. LightGBM source code. *Github*. URL: <https://github.com/Microsoft/LightGBM> (дата звернення 01.05.2020)
9. Chen T. Story and lessons behind the evolution of XGBoost. URL: <https://homes.cs.washington.edu/~tqchen/2016/03/10/story-and-lessons-behind-the-evolution-of-xgboost.html> (дата звернення 01.05.2020)
10. Neyman J. On the two different aspects of the representative method: the method of stratified sampling and the method of purposive selection. *Journal of the Royal Statistical Society*, 97(4). 1934. P. 558-625. URL: <http://www.stat.cmu.edu/~brian/905-2008/papers/neyman-1934-jrss.pdf> (дата звернення 01.05.2020)
11. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Advances in Neural Information Processing*. №25, MIT Press, Cambridge. URL: <http://www.cs.toronto.edu/~hinton/absps/imagenet.pdf> (дата звернення 01.05.2020)
12. Salakhutdinov R.R., Mnih A., Hinton, G.E. Restricted Boltzmann Machines for Collaborative Filtering. *International Conference on Machine Learning*. Corvallis, Oregon. 2007. URL: <http://www.cs.toronto.edu/~hinton/absps/netflix.pdf> (дата звернення 01.05.2020)
13. Russell S.J., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 2nd edition. New Jersey: Prentice Hall, 2003.
14. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series)*. Cambridge: The MIT Press, 2016

Статтю подано до редакції 12.09.2020

УДК: 519.71: 336.71

DOI 10.33111/mise.99.11

Піскунова О. В.,

доктор економічних наук, професор кафедри
економіко-математичного моделювання

Водзянова Н. К.,

старший викладач кафедри
економіко-математичного моделювання

Панченко К. С.,

здобувач кафедри
економіко-математичного моделювання,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Piskunova O.V.,

Doctor of Economics,
Professor of the Department of Economic and Mathematical Modeling

Vodzyanova N.K.,

Senior Lecturer of the Department of Economic and Mathematical Modeling

Panchenko K.S.,

Graduate Student of the Department of Economic and Mathematical Modeling,
SHEI KNEU named after V. Hetman

КОНЦЕПЦІЯ СТРЕС-ТЕСТУВАННЯ РИНКОВОГО РИЗИКУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ЕКОНОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

CONCEPT OF MARKET RISK STRESS-TESTING USING METHODS OF ECONOMETRIC MODELLING

Анотація. Актуальність теми дослідження обумовлена тим, що з одного боку проведення стрес-тестування ризиків банку, в тому числі ринкового, є обов'язковою регуляторною вимогою, а з іншого боку немає чітких рекомендацій щодо її якісної реалізації та впровадження. Новими науковими результатами публікації є розроблення концепції стрес-тестування ринкового ризику комерційного банку на підґрунті методів економетричного моделювання. У статті запропоновано концептуальні положення організації та проведення стрес-тестування ринкового ризику в кооперації з глибоким дослідженням кожного з етапів концепції. Одним із найважливіших етапів стрес-тестування є побудова шоківих сценаріїв, які з одного боку мали би історичне підґрунтя, а з іншого — враховували глибину можливої кризи. При цьому важливо адекватно оцінити потенційні збитки, оскільки їх недооцінка може призвести до хибного відчуття безпеки, а надмірна переоцінка — до зайвого резервування капіталу задля покриття високого ризику. Для вирішення цієї проблеми запропоновано моделювання сценаріїв стрес-тестування на підґрунті методів економетричного моделювання, що дозволить врахувати наявні взаємозв'язки між фінансовими та макроекономічними показниками, які впливають на ринковий ризик та адекватно оцінити величину ризику. Виконано аналітичний огляд класичного та сучасного економетричного інструментарію у контексті можливості та доцільності його застосування до моделювання сценаріїв стрес-тестування та запропоновано використання моделі векторної авторегресії, яка створює найкращі умови для моделювання ринкового ризику в умовах стресової економічної ситуації та дозволяє провести найбільш повний і об'єктивний аналіз взаємного впливу ключових ризик-факторів ринкового ризику. Детально описано критерії відбору змінних, які характеризують ринковий ризик, для моделювання стрес-тестування. Результати наукового дослідження можуть бути корисними для ризик-підрозділів комерційних банків, які впроваджують інструменти стрес-тестування ринкового ризику у внутрішній системі управління ризиками.

Ключові слова: ринковий ризик; стрес-тестування; моделювання сценаріїв стрес-тестування; економетричні моделі; ризик-фактори; функція імпульсних відгуків; векторно-авторегресійна модель.

Abstract. The relevance of the topic of research is conditioned by the fact, that on the one hand conducting stress testing of the bank's risks, including market risks, is a mandatory regulatory requirement, and on the other hand there are no clear recommendations to its quality implementation and enforcement. New scientific results of the publication are the development of the concept of market risk stress testing of a commercial bank, based on econometric modeling methods. The article proposes the conceptual thesis of the organization and conducting of market risk stress testing in cooperation with in-depth study of each stages from the concept. One of the most important stages of stress testing is the construction of shock scenarios, which on the one hand would have a historical basis, and on the other — take into account the depth of a possible crisis. At the same time, it is important to adequately assess potential losses, as their underestimation can lead to a false sense of security,

and overly overestimation — to excessive capital provisions with the purpose to cover high risk. To solve this problem, it is proposed to model stress testing scenarios using econometric modeling methods, which would take into account the existing relationships between affecting market risk financial and macroeconomic indicators and adequately measure risk value. Authors have done an analytical review of classical and modern econometric tools in the context of the possibility and feasibility of its application to the modeling stress testing scenarios and they offered to use vector autoregression model, which creates the best conditions for modeling market risk in a stressful economic situation and allows the most complete and objective analysis of the mutual influence on key risk factors of market risk. The criteria for selecting variables, that characterize market risk for modeling stress testing, are described in details. The results of scientific research can be useful for risk units of commercial banks, that implement tools for stress testing of market risk in the internal risk management system.

Keywords: market risk; stress testing; modeling of stress-testing scenarios; econometric models; risk-factors; impulse responsible function; vector autoregression model.

Постановка проблеми.

Оцінювання та управління ринковим ризиком комерційних банків України є важливою складовою системи фінансової безпеки країни. Своєчасне виявлення проблем і визначення шляхів їх вирішення допомагають вітчизняним банкам витримати несприятливі ринкові потрясіння, викликані нестабільною економічною ситуацією. Обов'язковою вимогою як національних регуляторів, так і міжнародних фінансових організацій є проведення стрес-тестування ринкового ризику комерційними банками. Дана вимога є критично-важливим елементом ризик-менеджменту, а її порушення може загрожувати стабільності банківської системи. Водночас існуючі регуляторні положення обмежуються лише загальними рекомендаціями, залишаючи процес розробки методики та реалізації процесу стрес-тестування на розсуд банків. Тому розроблення науково обгрунтованої концепції стрес-тестування ринкового ризику для комерційних банків України є надзвичайно актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблема оцінювання ринкового ризику методами стрес-тестування досліджувалась у працях як вітчизняних науковців, серед яких, зокрема, у працях Івасіва І. В., Максимової А. В., Корнилюка Р. В., Бобиль В. В., Краснової І. В., Шматковської-Шморгай В. Б., Беленької Г. В., так і в працях зарубіжних учених, наприклад, Petar Marković і Branko Urošević. У праці [1] розглянуто теоретичні засади макроекономічного стрес-тестування банків і показано основні етапи його проведення, проте основна увага тут зосереджена на кредитному ризику, тоді як ринковий

ризик лише згадується. У праці [2] викладено концептуальні положення щодо стрес-тестування усіх видів банківських ризиків, у тому числі й ринкового. Проте важливою проблемою, не висвітленою у праці, залишилось визначення економічно обґрунтованих стрес-сценаріїв на підґрунті математичних моделей.

Класичний підхід до стрес-тестування ринкового ризику застосовує Національний банк України. У 2019 році у рамках щорічної оцінки стійкості банківського сектору регулятором було проведено стрес-тести на фінансову стійкість вітчизняної банківської системи [3, с. 1, 2]. Оцінювалась достатність капіталу банків за базовим і несприятливим макроекономічними сценаріями, які покривають кредитний, ринковий ризики та ризик ліквідності та побудовані на припущеннях зміни макроекономічних показників, серед яких зниження реального ВВП, девальвація гривні, прискорення інфляції та пов'язане з цим підвищення відсоткових ставок. Основним висновком цього аналізу стало те, що банківська система України виявилась надійною при погіршенні низки макроекономічних факторів за базового сценарію, проте за несприятливого сценарію більшість банків уже потребували докапіталізації.

До стандартних підходів оцінки ринкового ризику належить модель Value-at-Risk, основною метою якої є оцінка з певною ймовірністю збитків вартості від несприятливої зміни цін фінансового інструменту, та стресова VaR-модель, яка дає змогу скласти уявлення про можливі втрати з огляду на гірші ринкові умови шляхом аналізу поведінки зміни ціни активів на однорічному інтервалі значного фінансового стресу. Вказані підходи застосовуються, як правило, в умовах стабільної економічної ситуації, тому не можуть вважатись універсальними. Для оцінювання ринкового ризику в умовах економічних криз та нестабільної економічної ситуації необхідно застосування інших підходів, які базуються на моделюванні сценаріїв стрес-тестування, у тому числі з використанням сучасних методів економетричного моделювання.

Таким чином, аналіз літератури дозволяє зробити висновок про необхідність подальшого розвитку методології стрес-тестування ринкового ризику для вітчизняних комерційних банків, зокрема у напрямку застосування економетричних методів і моделей.

Метою статті є розроблення концепції стрес-тестування ринкового ризику на основі методів економетричного моделювання для комерційних банків України, що є новим науковим результатом публікації.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для представлення розробленої у дослідженні концепції стрес-тестування ринкового ризику комерційних банків необхідно ввести визначення понять ринкового ризику та стрес-тестування, які сформульовані у праці [4] автора статті. Під ринковим ризиком розуміється величина можливих збитків банку внаслідок відхилення фінансових результатів від запланованих через певну зміну валютних курсів, процентних ставок або ринкової вартості фінансових інструментів, цінних паперів або інших активів. Під стрес-тестуванням розуміється оцінка впливу малоймовірних екстремальних подій на фінансові показники банку. Виходячи з цього, стрес-тестування ринкового ризику комерційного банку полягає в оцінці розміру збитків від шоківих подій, які призвели до зміни валютних курсів, процентних ставок або ринкової вартості цінних паперів чи інших фінансових інструментів.

Можна виокремити такі основні складові процесу стрес-тестування ринкового ризику комерційного банку: налаштування вхідних параметрів стрес-тестування; формування сценаріїв стрес-тестування; впровадження отриманих результатів сценарного аналізу у внутрішні бізнес-процеси банку. Найпроблемнішою складовою методології стрес-тестування є визначення сценаріїв стрес-тестування, для чого пропонується застосовувати методи економетричного моделювання.

Першим важливим завданням, яке необхідно вирішити при розробці концепції моделювання сценаріїв стрес-тестування, являється визначення переліку змінних, які описують такі сценарії. Формування зазначеного переліку змінних спирається на прийняту класифікацію видів ринкового ризику [5]:

1) процентний ризик — це існуючий або потенційний ризик для прибутковості або капіталу банку, що виникає в результаті несприятливих змін рівня ринкових процентних ставок; його джерелом є дисбаланс активів і зобов'язань, чутливих до зміни процентних ставок і строків погашення;

2) валютний ризик — наявний або потенційний ризик для надходжень і капіталу, який виникає через несприятливі коливання курсів іноземних валют і цін на банківські метали; його джерелом є незбалансованість активів і зобов'язань щодо кожної з валют за термінами і обсягами;

3) фондовий ризик — існуючий або потенційний ризик збитків унаслідок несприятливої зміни ринкових котирувань цінних паперів і похідних фінансових інструментів на фондових ринках, який виникає під впливом факторів, пов'язаних як з емітентом

цінних паперів і похідних фінансових інструментів, так і з загальними коливаннями ринкових цін на фінансові інструменти.

Найширше розповсюдженими видами ринкового ризику, які на практиці притаманні будь-якому комерційному банку незалежно від його діяльності, є валютний і процентний ризик. Фондовий ризик є специфічнішим, оскільки більшість банківських установ України не роблять вкладень у цінні папери та похідні фінансові інструменти. Тому з метою створення універсальної моделі стрес-тестування ринкового ризику пропонується дослідити вплив саме валютного та процентного ризиків в умовах нестабільної економічної ситуації.

Для формування позицій, чутливих до ринкового ризику, було проаналізовано річні окремі фінансові звітності 4 комерційних банків станом на 31.12.2018 р. (табл. 1), які знаходяться в десятці найбільших комерційних банків України та представляють 4 основні групи банків: банк з іноземним капіталом (АТ «Райффайзен банк Аваль»), банк з державним капіталом (АТ «Ощадбанк»), банк з російським капіталом (АТ «Альфа-банк») і банк з приватним капіталом (АТ «ПУМБ») [6—9].

Таблиця 1

ПОЗИЦІЇ КОМЕРЦІЙНИХ БАНКІВ, ЧУТЛИВІ ДО РИНКОВОГО РИЗИКУ

	Валютний ризик		Процентний ризик	
	+ (схильний) / – (несхильний)	Найбільші відкриті валютні позиції	+ (схильний) / – (несхильний)	Рівень агрегації процентних позицій
АТ «Ощадбанк»	+	долар США євро інші валюти	+	0-1 місяць 1-3 місяці 3-12 місяців 1-5 років понад 5 років
АТ «Райффайзен банк Аваль»	+	долар США євро рубль інші валюти	+	до 1 року понад 1 рік
АТ «Альфа-банк»	+	долар США євро інші валюти	+	0-1 місяць 1-12 місяців 1-5 років понад 5 років
АТ «ПУМБ»	+	долар США євро рубль інші валюти	+	0-1 місяць 1-3 місяці 3-6 місяців 6-12 місяців понад 1 рік

У зв'язку з тим, що в офіційній звітності валютні та процентні позиції наведені в різних рівнях агрегації, тому пропонуємо об'єднати портфелі по максимальному рівню та виділити відповідні їм фактори ризику таким чином (табл.. 2):

Таблиця 2

ФОРМУВАННЯ ПОЗИЦІЙ, ЧУТЛИВИХ ДО РИНКОВОГО РИЗИКУ

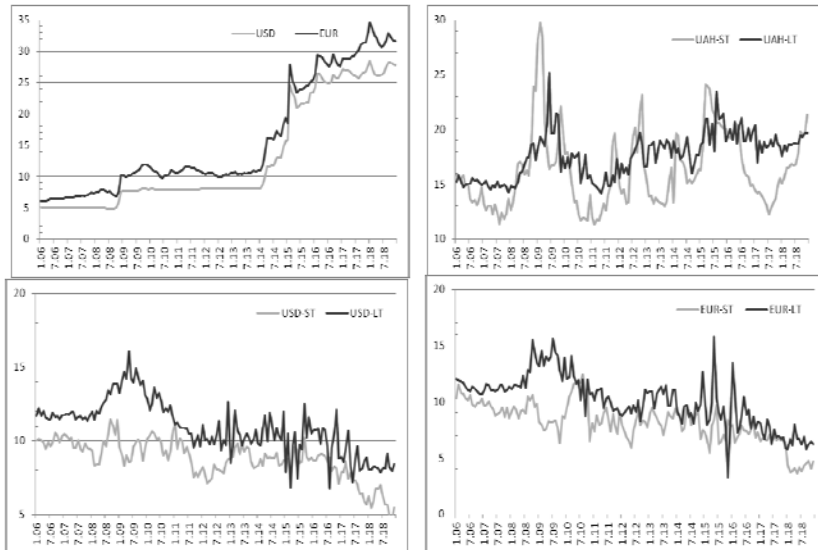
Вид ринкового ризику	Назва позиції	Назва ризик-фактору	Опис ризик-фактору
Валютний ризик	Валютна позиція в доларах США	USD	Зміна обмінного курсу гривні до долара США
	Валютна позиція в євро	EUR	Зміна обмінного курсу гривні до євро
	Валютна позиція в інших валютах*		
Процентний ризик	Процентні позиції в гривні до 1 року	UAH-ST	Зміна коротко-строкової (до 1 року) процентної ставки в національній валюті
	Процентні позиції в гривні понад 1 рік	UAH-LT	Зміна довгострокової (понад 1 рік) процентної ставки в національній валюті
	Процентні позиції в доларах США до 1 року	USD-ST	Зміна коротко-строкової (до 1 року) процентної ставки в іноземній валюті (долар США)
	Процентні позиції в доларах США понад 1 рік	USD-LT	Зміна довгострокової (понад 1 рік) процентної ставки в іноземній валюті (долар США)
	Процентні позиції в євро до 1 року	EUR-ST	Зміна коротко-строкової (до 1 року) процентної ставки в іноземній валюті (євро)
	Процентні позиції в євро понад 1 рік	EUR-LT	Зміна довгострокової (понад 1 рік) процентної ставки в іноземній валюті (євро)

*Оскільки валютні позиції в інших валютах мають найменші обсяги (менше 7 % від загальної валютної позиції), тому для аналізу стрес-тестування вони матимуть незначний вплив. Пропонуємо знехтувати впливом валютних позицій в інших валютах на

діяльність комерційних банків у стресових умовах і виключити їх з подальшого розгляду.

Таким чином для моделювання сценаріїв стрес-тестування на підґрунті методів економетричного моделювання пропонується наступний набір змінних: USD, EUR, UAH-ST, UAH-LT, USD-ST, USD-LT, EUR-ST, EUR-LT.

На рис. 1 представлено графіки відібраних ринкових ризик-факторів, які побудовані на основі даних за період з січня 2006 року по грудень 2018 року.



Джерело даних: Офіційний сайт НБУ [10]

Рис. 1. Динаміка ринкових ризик-факторів

Як бачимо з рис. 1, кожній змінній притаманні значні коливання зі стрімким зростанням в абсолютному вимірі протягом двох періодів: кінець 2008 року — середина 2009 року та середина 2014 року — кінець 2015 року, які відповідають двом останнім найбільшим економічним кризам в історії України — світовій фінансовій кризі 2008 року та політичній кризі 2014 року. Отже, можемо вважати, що зазначені часові ряди містять достатню інформацію про шоківі події. Крім того спостерігаються суттєві взаємозв'язки між розглядуваними змінними.

Наступним завданням у межах створення концепції стрес-тестування ринкового ризику на підґрунті економетричних моделей

є вибір адекватних методів моделювання сценаріїв стрес-тестування. Основними засобами економетричними моделювання економічних процесів є такі: багатофакторні регресійні моделі; симулятивні системи регресійних рівнянь; ARIMA-моделі (інтегровані моделі авто регресії та ковзного середнього); VAR (вектор-авторегресійні) та ECM моделі (моделі коригування помилки) [11]. Розглянемо детальніше перелічений інструментарій економетричного моделювання з точки зору можливості та доцільності його застосування до моделювання сценаріїв стрес-тестування.

Багатофакторні регресійні моделі вже стали класичним засобом моделювання економічних процесів. Їх побудова передбачає низку неявних припущень щодо структури залежності між змінними, обумовленої інституційним оточенням моделі, при зміні якого моделі втрачають здатність адекватно описувати розглядані економічні процеси. У контексті моделювання стрес-сценаріїв ринкового ризику це є головним недоліком багатофакторних регресійних моделей.

ARIMA-моделювання відноситься до порівняно нового покоління ефективних і малозатратних засобів прогнозування, коли часовий ряд моделюється лише за допомогою його минулих значень та екзогенної випадкової величини. Його важливою перевагою є те, що побудова ARIMA-моделей не потребує економіко-теоретичного підґрунтя специфікації моделі [11].

Останнім часом зростає увага до помилок моделей і їх дисперсій, які характеризуються періодами, що притаманно, зокрема, часовим рядам обмінних курсів валют, для яких характерно чергування періодів низької та високої волатильності. Для моделювання таких процесів використовують моделі ARCH (авторегресійна модель з умовною гетероскедастичністю) та GARCH (узагальнена авторегресійна модель з умовною гетероскедастичністю) [16]. Моделі GARCH досить часто використовуються у стрес-тестуванні завдяки їх швидкості реагування на різного роду зміни, що відбуваються на ринку і настільки ж швидкого відновлення після сильних коливань на ньому [13].

Недоліком ARIMA та GARCH моделей є те, що вони не дозволяють враховувати взаємозв'язки між різними змінними, що необхідно для створення багатофакторних стрес-сценаріїв.

Інструментом дослідження взаємозв'язків між кількома змінними являються системи симулятивних рівнянь, які ще називаються структурними моделями. Структурні рівняння виражають ендогенні зміни як функції інших ендогенних змінних, екзогенних змінних, а також лагових ендогенних і екзогенних змінних і випадкових вели-

чин. Побудова системи симультативних рівнянь, як і багатofакторних регресійних моделей, потребує низки припущень щодо структури взаємозв'язків між змінними системи.

Розширенням концепції ARIMA-моделювання окремого часового ряду є VAR-моделі. На підґрунті VAR-моделей моделюються одночасно два або більше часових рядів. На відміну від систем одночасних рівнянь у моделях VAR не робиться спроб відтворити реальну структуру економіки, в них не розрізняються ендогенні та екзогенні змінні. Кожне рівняння VAR-моделі описує залежність однієї змінної моделі від лагових значень усіх змінних системи. Таким чином, кожне рівняння моделі є комбінацією моделі з розподіленим лагом і моделі авторегресії. До основних переваг даного класу моделей для моделювання стрес-сценаріїв ринкового ризику можна віднести гнучкість, універсальність, пристосованість до моделювання різних видів часових рядів, відсутність поділу змінних на ендогенні та екзогенні, можливість виявлення зв'язків між будь-яким набором показників.

Тому, для моделювання сценаріїв стрес-тестування на підґрунті методів економетричного моделювання пропонуємо застосовувати модель векторної авторегресії, яка є сукупністю динамічних часових рядів, у яких теперішні значення кожної ендогенної змінної залежать від власних лагових значень і від лагових значень всіх інших ендогенних змінних, що входять в систему. У загальному вигляді векторна авторегресійна модель p -го порядку VAR(p), що складається з n рівнянь, має такий вигляд у скороченій векторно-матричній формі:

$$Y_t = a_0 + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + \varepsilon_t = a_0 + \sum_{j=1}^p A_j Y_{t-j} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

де Y_t — n -вимірний вектор-стовпчик ендогенних змінних, a_0 — n -вимірний вектор-стовпчик констант, A_j — матриця розмірності $n \times n$ авторегресійних коефіцієнтів при лагових змінних, де $j = 1, 2, \dots, p$, ε_t — n -мірний вектор-стовпчик залишків, які представляють собою білий шум [16, с. 332].

Зауважимо, що при побудові моделей векторної авторегресії серйозною проблемою є вибір величини лага та адекватних методів оцінки параметрів моделі, оскільки звичайний МНК найчастіше непридатний при оцінці параметрів моделей з розподіленим лагом і тим більше непридатний для оцінки параметрів моделей авторегресії.

Варто зазначити, що науковою спільнотою вже розглядалися VAR-моделі та їх використання для моделювання окремих видів банківських ризиків [14, 15], однак для їх застосування при оцінюванні ринкових ризиків в умовах нестабільної економічної ситуації вони потребують подальшого доопрацювання.

Важливою перевагою VAR-моделей при моделюванні стрес-сценаріїв ринкового ризику є можливість аналізу імпульсних відгуків, які за економічною суттю є сценаріями стрес-тестування. Функції імпульсних відгуків відображають зміну залежних факторів внаслідок настання шоку. Оцінюючи систему економетричних рівнянь, можна змоделювати різні поштовхи макроекономічних змінних і врахувати зворотний зв'язок від цих шоків. Водночас слід зазначити, що функції імпульсного реагування є чутливими до впорядкування змінних — це може вважатися основним недоліком їх застосування. Для даної проблеми є два можливі шляхи вирішення — або перебір усіх можливих комбінацій послідовності змінних, що є найточнішим, але в той же час і найбільш ресурсно-затратним методом, або впорядкування змінних у моделі за мірою зростання ймовірної швидкості реакції на будь-який конкретний шок, так як змінні, що знаходяться найпершими в моделі, одразу впливають на наступні змінні, але вплив на них від інших змінних відбувається лише через лаг, і навпаки, змінні, які перелічені в кінці моделі, впливають на попередні змінні лише на наступному лагу, в той час як попередні змінні впливають на них негайно.

Розроблена концепція стрес-тестування ринкового ризику для комерційних банків України представлена схематично на рис. 2.

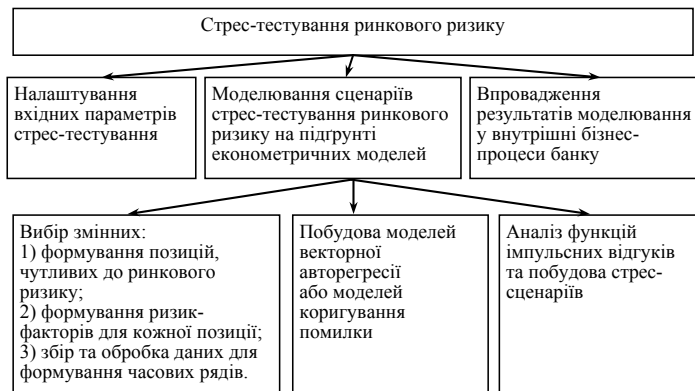


Рис. 2. Концепція стрес-тестування ринкового ризику на основі економетричних моделей.

Висновки. Процес управління ринковими ризиками в умовах кризи вимагає індивідуальних підходів до управління в кожному окремому випадку, особливо в ситуаціях, коли кризові події виникають динамічно, суперечливо і складно прогнозованими. З цією метою було розроблено концептуальні положення організації та проведення стрес-тестування ринкового ризику із застосуванням економетричних методів моделювання. В дослідженні було обґрунтовано вибір змінних і встановлено, що найкраще ринковий ризик описують валютні та процентні макро-індикатори, серед яких валютні курси долара та євро по відношенню до гривні та короткострокові і довгострокові процентних ставок по кредитах у гривні, доларі та євро. Також у дослідженні проведено аналітичний огляд методів економетричного моделювання у контексті їх можливості та доцільності застосування для моделювання сценаріїв стрес-тестування. За розробленою авторами концепцією найефективнішими та найбільш пристосованими з метою формування шокових сценаріїв ринкового ризику виявились моделі векторної авторегресії, які мають широкий інструментарій для моделювання ринкового ризику в умовах стресової економічної ситуації та дозволяють провести найбільш повний і об'єктивний аналіз взаємного впливу ключових ризик-факторів ринкового ризику. Подальшого аналізу потребує впровадження розробленої концепції для стрес-тестування ринкового ризику на прикладі комерційних банків України, дослідження взаємозв'язків між сформованими змінними та побудова стрес-сценаріїв для оцінки ринкового ризику в нестабільних економічних умовах.

Бібліографічні посилання

1. Івасів І. Б., Максимова А. В., Корнилюк Р. В. Макроекономічне стрес-тестування банків: монографія. Київ : КНЕУ, 2014. 186, [6] с.
2. Бобиль В. В. Управління банківськими ризиками в умовах фінансової кризи: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.08. Полтавська державна аграрна академія. Полтава, 2015. 442 с.
3. Звіт про стрес-тестування банків у 2019 році. Національний банк України. URL: https://bank.gov.ua/admin/uploads/article/Stress_Test_Results_2019.pdf?v=4 (дата звернення 19.08.2020)

4. Панченко К.С. Стрес-тестування ринкового ризику на макрорівні: вітчизняний та зарубіжний досвід. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2020. Випуск 1(75), частина 2. С. 154-162.
5. МСФЗ 7 «Фінансові інструменти: розкриття інформації». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/929_007 (дата звернення 15.09.2020)
6. Річна окрема фінансова звітність АТ «Райффайзен банк Аваль» за 2018 рік. URL: https://www.aval.ua/storage/files/otdelnaya-godovaya-finansovaya-otchetnost-za-2018g-s-zaklyuc_1556020658.pdf. (дата звернення 05.09.2019)
7. Річна окрема фінансова звітність ПАТ «Ощадбанк» за 2018 рік. URL: https://www.oschadbank.ua/sites/default/files/2019-04/SSBU_18fsu_Separate.pdf. (дата звернення 05.09.2019)
8. Річна окрема фінансова звітність АТ «Альфа-банк» за 2018 рік. URL: <https://alfabank.ua/storage/files/finzvitrnit-abpckf-za-2018.pdf>. (дата звернення 05.09.2019)
9. Річна окрема фінансова звітність АТ «Перший український міжнародний банк» за 2018 рік. URL: https://about.pumb.ua/content/cmsfile/gu/фінансова_%20звітність_18_%20fuib_%20ukr_%20financial_%20statements.pdf. (дата звернення 05.09.2019)
10. Офіційний сайт Національного банку України. URL: <https://bank.gov.ua>.
11. Лук'яненко І. Г., Городніченко Ю. О. Сучасні економетричні методи у фінансах. Навчальний посібник. Київ : Літера ЛТД, 2002. 352 с.
12. Беленька Г. В. Математичні методи діагностування фінансової стабільності банківського сектору України: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.11. ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана». Київ, 2011. 165 с.
13. Краснова І. В. Управління активами на інтегрованих фінансових ринках: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.08. Київський Національний Економічний Університет ім. Вадима Гетьмана, 2018. 410 с.
14. Губарева І. О. Середина Г. В. Прогнозування індикаторів фінансової безпеки України. Економіка розвитку. 2017. № 4 (84). С. 38–48.
15. Зеленська М. І., Аксьонова А. С. Прикладні аспекти дослідження взаємозв'язків між сегментами фінансового ринку України. Ефективна економіка № 1, 2014. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2696>. (дата звернення 20.04.2020)
16. Економетрика. Учебник : под ред. И.И. Елисеовой. Москва : Финансы и статистика, 2005. 576 с.

Статтю подано до редакції 06.10.2020

Семашко К.А.,

Асистент кафедри економіко-математичного моделювання,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Semashko K.A.,

assistant of the Economic and Mathematical Modeling Department,
SHEI KNEU named after V. Hetman

ВПЛИВ ВЛАДНИХ РІШЕНЬ НА ОБСЯГ ТА ДИНАМІКУ ТІНЬОВОЇ ЕКОНОМІКИ

THE INFLUENCE OF GOVERNMENT DECISIONS ON THE VOLUME AND DYNAMICS OF THE SHADOW ECONOMY

Анотація. На сьогоднішній день явище мінізації економіки присутнє у багатьох країнах світу. Тіньова економіка (ТЕ) паразитує на тілі офіційної або легальної економіки (ЛЕ), а це негативно впливає на економічну стабільність і розвиток держави. Дослідження взаємодії легальної і тіньової економік є однією з актуальних проблем сьогодення. Особливо гостро ця проблема стоїть для нашої держави. Розглянуто кілька математичних моделей, які описують взаємозв'язок легальної та тіньової економіки України. Для отримання формули обсягу тіньової економіки для початку було використано площинну динамічну модель, яку описано системою двох нелінійних звичайних диференціальних рівнянь, якою характеризується економічний стан суспільства, де співіснують легальна і нелегальна економіка. Сформульовано умови для коефіцієнтів динамічної моделі, за виконання яких відбувається зростання обсягу легальної економіки або спостерігається рецесія економіки та має місце зменшення обсягу тіньової економіки. Для подальшого дослідження питання пропонується просторова динамічна модель мінімальної розмірності та гнучкої структури, якою математично описується механізм співіснування легальної і тіньової економіки суспільства під дією владних рішень. Побудова зазначеної економіко-математичної моделі (ЕММ) ґрунтується на застосуванні фундаментальних засад кінетики процесів та явищ на екологічного середовища, зокрема економічного.

Отриманий аналітичний результат представленої економіко-математичної моделі дозволяє оперативно розрахувати обсяг тіньової економіки; прогнозувати рівень мінізації економіки у довільний момент часу t , який детермінується коефіцієнтами нелінійної динамічної моделі, стартовими умовами, урахувуючи сектор легальної економіки. Якісний і кількісний аналіз (інтегральні криві, фазові портрети) поведінки динамічної моделі надають сценарії можливого розвитку подій.

Новими науковими результатами публікації є побудова та аналіз динамічних економіко-математичних моделей взаємозв'язку ЛЕ та ТЕ під впливом держави.

Ключові слова: легальна або офіційна економіка (ЛЕ), тіньова економіка (ТЕ), адміністративний ресурс, адаптивна динамічна модель, просторова, нелінійна.

Abstract. Today, the phenomenon of economic shadowing is present in many countries around the world. The shadow economy (SE) parasitizes on the body of the official or legal economy (LE), and this negatively affects the economic stability and development of the state. The study of the interaction of legal and shadow economies is one of the current problems. This problem is especially acute for our state. Several mathematical models that describe the relationship between the legal and shadow economy of Ukraine are considered. To obtain the formula for the volume of the shadow economy, we first used a planar dynamic model, which is described by a system of two nonlinear ordinary differential equations, which characterizes the economic state of society, where legal and illegal economy coexist. The conditions for the coefficients of the dynamic model are formulated, according to which the volume of the legal economy grows or the economy recession is observed and the shadow economy decreases. To further study the issue, a spatial dynamic model of minimal dimension and flexible structure is proposed, which mathematically describes the mechanism of coexistence of legal and shadow economy of society under the influence of government decisions. The construction of this economic-mathematical model (EMM) is based on the application of the fundamental principles of kinetics of processes and environmental phenomena, in particular economic. The obtained analytical result of the presented economic-mathematical model allows to quickly calculate the volume of the shadow economy; to predict the level of shadowing of the economy at any time t , which is determined by the coefficients of the nonlinear dynamic model, the starting conditions, taking into account the sector of the legal economy. Qualitative and quantitative analysis (integral curves, phase portraits) of the behavior of the dynamic model provide scenarios of possible developments. New scientific results of the publication are the construction and analysis of dynamic economic and mathematical models of the relationship between LE and SE under the influence of the state.

Keywords: legal or official economy (LE), shadow economy (SE), administrative resource, adaptive dynamic model, spatial, nonlinear.

Постановка проблеми та підходи до її розв'язання. Розглянути механізм співіснування ЛЕ і ТЕ та вплив них владних рішень і описати його динаміку за допомогою математичних методів і моделей. Відшукати найприйнятніший, за наявних обставин й стартових умов, варіант взаємного функціонування ЛЕ і ТЕ за допомогою комп'ютерного моделювання проблем економічної динаміки.

Аналіз публікацій по темі дослідження. Наразі відома література з даної проблематики, наприклад джерела [1, 2], має описовий характер. Її слід розцінювати як добре підґрунтя для формалізації досліджуваної проблеми, а потім побудови адекватних ММ динаміки подій, щоб отримати сценарії співіснування ЛЕ і ТЕ, за рахунок якісного і кількісного моделювання. У працях [3, 4, 8, 9] проаналізовано методи оцінки тіньової економіки, стан справ в Україні та механізми запобігання розвитку тіньової економічної діяльності.

Варто зазначити, що нині розробляється парадигма системно-го і нелінійного економічного мислення [5, 6]. Але вона сприяти-

ме глибокому і досить повному вивченню економічної дійсності, стане доступним і ефективним з прагматичної точки зору зняряд-ням моделювання лише за умови наявності адекватних ММ та ін-струментарію їх дослідження.

виділення невіршених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття

Однією з невіршених раніше проблем є побудова математич-них моделей для оцінки та прогнозу обсягів тіньової економіки без урахування статистичної інформації.

Формулювання цілей статті. Запропонувати ММ динаміки співіснування легальної й тіньової економіки на різних стадіях економічного розвитку суспільства та вплив владних рішень на змі-ну їх обсягу. Для адекватного моделювання використати відповідні моделі, які якісно та кількісно описують дану проблему вивчення, що у цілому складає адаптивне економіко-математичне моделюван-ня динаміки подій. Отримати аналітичний результат представленої економіко-математичної моделі для оперативного розрахунку обся-гу тіньової економіки; прогнозувати рівень тінізації економіки у до-вольний момент часу t . Здійснити якісний і кількісний аналіз (ін-тегральні криві, фазові портрети) поведінки динамічної моделі, щоб отримати сценарії можливого розвитку подій.

Виклад основного матеріалу. Реалії сучасної економіки за-свідчують, що тіньова економіка (ТЕ) є постійним супутником легальної економіки (ЛЕ) і спостерігається у будь-якому суспіль-стві незалежно від способу організації виробничих сил, політич-ного устрою чи пануючих ідеологій. Економетричне дослідження ТЕ принципово обмежене головним чином відсутністю статисти-чних даних або їх недостовірністю. Щоб досягти раціонального і релевантного керування перебігом згадуваних явищ, тобто уник-нути непередбачуваної їх поведінки, слід вивчати механізм співі-снування ЛЕ і ТЕ суспільства шляхом побудови динамічних ма-тематичних моделей (ММ) і проведення над ними широко-масштабного обчислювального експерименту.

За своєю сутністю сектори офіційної і нелегальної економіки є конкуруючими. Тоді варто скористатися відомою [7] в науці мо-деллю «жертва-хижак», де в ролі жертви фігуруватиме ЛЕ, а хи-жака — ТЕ. Змінною $x_1 = x_1(t)$ описується обсяг ЛЕ суспільства, $x_2 = x_2(t)$ — обсяг ТЕ.

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = a_1 x_1 + b_{12} x_2 x_1 + c_1 x_1^2; \\ \dot{x}_2 = a_2 x_2 + b_{21} x_1 x_2 + c_2 x_2^2; \end{cases} \quad (1)$$

Вивчення механізму співіснування ЛЕ і ТЕ економіки суспільства за допомогою площинних динамічних моделей (1) замало. Доцільно до ЕММ (1) долучати третє рівняння, яке певним чином ураховувало б владні рішення (так званий адміністративний ресурс).

У нашому випадку матимемо наступне. Для офіційної економіки, яка описується змінною $x_1 = x_1(t)$, швидкість $\dot{x}_1 = \dot{x}_1(t)$ змінюваності її обсягу відобразатиметься диференціальним рівнянням:

$$\dot{x}_1 = a + bx_1 + cx_1x_2x_3,$$

де a відтворює факт існування економіки за будь-яких умов; другий доданок bx_1 засвідчує самодостатність економіки (тобто зростати або перебувати стані рецесії); третій доданок $cx_1x_2x_3$, де змінна $x_2 = x_2(t)$ описує обсяг тіньової економіки (ТЕ), а $x_3 = x_3(t)$ відповідає владним рішенням (адміністративному ресурсу - менеджменту); міра білінійної взаємодії складових економічного розвитку суспільства відображається числовим коефіцієнтом c .

Динаміку функціонування тіньової економіки опишемо диференціальним рівнянням:

$$\dot{x}_2 = -dx_2 - ex_1x_2x_3,$$

де перший доданок, маючи від'ємний коефіцієнт d , зазначає принципову неможливість самостійного існування ТЕ; другий доданок, також будучи від'ємним, відображає прагнення держави організувати взаємодію складових економічного розвитку суспільства так, щоб уникнути зростання ТЕ; величина e — числовий параметр міри взаємовпливу системотвірних процесу.

Ефективність владних рішень, тобто його вплив на поведінку обсягів ЛЕ і ТЕ будемо описувати диференціальним рівнянням

$$\dot{x}_3 = -hx_3 + R,$$

де перший доданок ($-hx_3$) виразу справа вказує, що сам по собі адміністративний ресурс існувати не може; числова величина R , уособлюючи собою законодавчу базу, правові аспекти співіснування ЛЕ і ТЕ, має сприяти підвищенню ефективності управлінських рішень влади щодо економіки. Звісно, ця величина може

бути не лише константою, але фігурувати як функціональна залежність.

Отже, сукупність наведених вище рівнянь утворює динамічну модель

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = a + bx_1 + cx_1x_2x_3; \\ \dot{x}_2 = -dx_2 - ex_1x_2x_3; \\ \dot{x}_3 = -hx_3 + R, \end{cases} \quad (2)$$

співіснування легальної та тіньової економіки суспільства під дією управлінських рішень влади.

Адаптивний характер динамічної моделі (2) нелінійної економічної динаміки проявляються в тому, що за рахунок знаків коефіцієнтів b, c, e все ж таки описується стан як економічного розвитку, так і можливої рецесії економіки суспільства загалом. Гнучкість структури динамічної моделі (1) має місце і тоді, коли потребується розглядати окремо режим економічного зростання ЛЕ або нарощування ТЕ у суспільстві.

Для здійснення обчислювального експерименту в економіці перейдемо від концептуальної ЕММ (2) до безрозмірної динамічної математичної моделі.

Здійснюючи заміну змінних: $d\tau = bdt$; $x_1 = u(\tau)$; $x_2 = \frac{d}{c}v(\tau)$; $x_3 = \frac{b}{e}w(\tau)$, де τ – нова незалежна змінна, отримуємо безрозмірну динамічну модель:

$$\begin{cases} \dot{u} = p + u + quv; \\ \dot{v} = -qv - uvw; \\ \dot{w} = -\tilde{h}w + \tilde{R}, \end{cases} \quad (3)$$

де $p = \frac{a}{b}$; $f = \frac{d}{e}$; $q = \frac{d}{b}$; $\tilde{h} = \frac{h}{b}$; $\tilde{R} = R \frac{e}{b^2}$.

На рис. 1 графічно відтворено результати моделювання впливу владних рішень на динаміку обсягів легальної та тіньової економік, що є авторською розробкою. Рисунок а) показує розвиток подій з плином часу $Z^{(1)}$ — інтегральні криві; рисунок б)-в) описують взаємозалежності між чинниками економіки — фазові портрети в координатах «владні рішення $Z^{(4)}$ — обсяг ЛЕ $Z^{(2)}$ і $Z^{(4)}$ — обсяг ТЕ $Z^{(3)}$ » та «обсяг ТЕ $Z^{(3)}$ — обсяг ЛЕ $Z^{(2)}$ ».

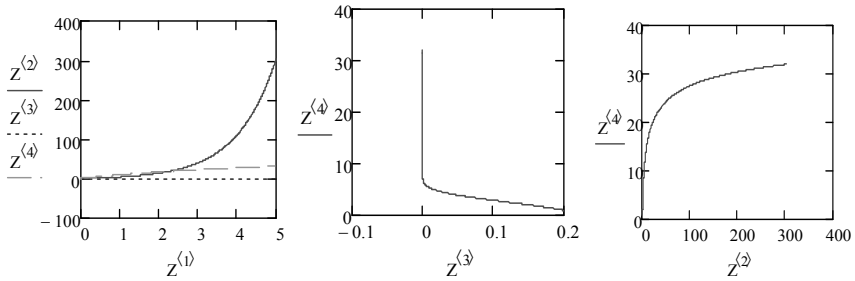


Рис.1. а) інтегральні криві для $\tilde{R} = 10$;
 б) фазовий портрет $Z^{(4)} - Z^{(2)}$;
 в) владні рішення $Z^{(4)}$ — обсяг $Z^{(2)}$

На рис. 1 видно зростання обсягу ЛЕ, правда, реально мало-ймовірне, також спостерігається незначне або дуже повільне збільшення обсягу ТЕ. Наочно відображено, як владні рішення впливають на результати обох економік. Коли інтегральна крива $Z^{(2)}$ відповідатиме статистичним даним щодо офіційної економіки (ЛЕ), тоді з'являться усі підстави вважати, що крива $Z^{(3)}$ відтворює реальну поведінку тіньового сектора економіки суспільства.

Висновки. Розроблено просторову точкову динамічну модель, що описує коеволюцію легальної й тіньової економіки суспільства під дією владних рішень, спрямованих на економічне зростання. Результати комп'ютерного моделювання засвідчують якісну відповідність траєкторій обсягів ЛЕ і ТЕ (сценаріїв поведінки) реальним уявленням. З точки зору кількісної верифікації належить здійснити адекватний набір коефіцієнтів динамічної моделі, який, по суті справи, спряжений з оптимальним вибором коефіцієнтів ЕММ — одвічною проблемою моделювання.

Бібліографічні посилання

1. Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України. «Тенденції тіньової економіки в Україні у січні-березні 2020 року», 2020 // <https://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=e384c5a7-6533-4ab6-b56f-50e5243eb15a&tag=TendentsiiTinovoiEkononiki>
2. А.Скрипник, В.Дудко «Оцінка тіньового сектора економіки України»// Вісник НБУ. — 2000. — №4. — С. 16-19
3. Бородюк В. та ін. Оцінка стану тіньової економіки України та методи розрахунків її обсягів. — К., 1997.

4. В.Базилевич, І. Мазур «Методичні аспекти оцінки масштабів тіньової економіки»// Економіка України — 2004 — № 8. — с. 41
5. Коляда Ю.В. Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки/ Ю.В. Коляда: монографія. — К.: КНЕУ, 2011.-297с
6. Коляда Ю.В., Семашко К.А. «Комп'ютерні сценарії взаємодії легальної й тіньової економіки суспільства»//Тенденції забезпечення сталого розвитку економічної системи України : матеріали економічної наукової інтернет-конференції — Тернопіль, 2012.-С. 94-97
7. Малинецкий Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент. Введение в нелинейную динамику. Изд. 3-е, стереотипное. — М.: Едиториал УРСС, 2002. — 256 с.
8. О.Черевко, Є.Романів «Механізм запобігання розвитку тіньової економічної діяльності у сфері фінансово-грошових відносин»// «Вісник Національного банку України», №3, 2004. — С. 21
9. Юрій Сколотяний «Прихований ресурс: як оцінити обсяги тіньового сектора?»// «Дзеркало тижня. Україна» №28, 17 серпня 2012.

Статтю подано до редакції 15.10.2020

УДК 004.056.53

DOI 10.33111/mise.99.13

Толіупа С. В., д.т.н.,
професор кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
Пархоменко І. І., к.т.н.,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
Кириленко А. І.,
студентка IV курсу спеціальності «Кібербезпека»,
Вадис К. А.,
студент IV курсу спеціальності «Кібербезпека»,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Toliupa S. V., Dr. of Sc.,
Professor of Computer Mathematics and Information Security,
Parkhomenko I. I., Ph.D.,
Associate Professor of Computer Mathematics and Information Security,
Kyrylenko A. I.,
4th year student majoring Cybersecurity,
Vadis K. A.,
4th year student majoring Cybersecurity,
SHEI KNEU named after V. Hetman.

ЗАХИСТ КОРПОРАТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ

PROTECTION OF CORPORATE INFORMATION ON MOBILE DEVICES

Анотація. Захист мобільних пристроїв важливий, як і захист будь-яких інших пристроїв. Число шкідливих програм, веб-сайтів і фішингових атак, націлених на мобільні телефони, зростає з кожним днем. На мобільних пристроях може зберігатися великий обсяг конфіденційних даних, що становить значну загрозу безпеці. На сьогоднішній будь-який бізнес — мобільний. У цій ситуації виключно важливі безпечний доступ з мобільних пристроїв до документів компанії, збереження бізнес-даних і захист смартфонів і планшетів від кіберзагроз. Деякі організації надають своїм співробітникам корпоративні смартфони та планшети, а деякі дозволяють використовувати для роботи особисті пристрої. У будь-якому випадку відстеження всіх пристроїв і забезпечення безпеки корпоративної середовища стає складним і трудомістким завданням. Ненадійні паролі, використання потенційно небезпечних програм і відмова від шифрування даних можуть привести до того, що конфіденційна інформація потрапить до рук зловмисників. У зловмисників є безліч шляхів реалізації атак. При цьому витрати на проведення атаки можуть в реальному середовищі бути вельми низькими в порівнянні з можливою вигодою. Вплив злочинних дій може бути як незначним, наприклад вираженням у зниженні швидкодії і розсилці спаму, так і істотним — наприклад, що призводить до того, що користувач не може здійснювати і приймати дзвінки або зазнає фінансових втрат. Користуючись вразливостями, хакери можуть проникати в корпоративні мережі, перехоплювати паролі та інші дані, збирати конфіденційну особисту інформацію або комерційні секрети, встановлювати шкідливий для отримання контролю над пристроями. Наразі дуже великий інтерес науковців та дослідників викликають пошуки нових засобів для захисту інформації, що зберігаються на мобільних пристроях. Метою статті є огляд існуючих загроз і вразливостей операційних платформ мобільних пристроїв і вибір механізмів захисту інформаційних ресурсів, що зберігаються на мобільних пристроях. Стаття носить оглядовий характер. Під час аналізу захищеності мобільного додатка проводиться оцінка захищеності трьох основних компонентів: каналу зв'язку, серверної частини і клієнтської частини.

Ключові слова: інформаційна безпека; мобільний пристрій; захист мобільних пристроїв; загрози персональним даним; витік інформації; шкідливе програмне забезпечення.

Abstract. Protecting mobile devices is as important as protecting any other device. The number of malware, websites and phishing attacks targeting mobile phones is growing every day. Mobile devices can store large amounts of sensitive data, which poses a significant security threat. Today, any business is mobile. In this situation, secure access from mobile devices to company documents, storage of business data and protection of smartphones and tablets from cyber threats are extremely important. Some organizations provide their employees with corporate smartphones and tablets, and some allow them to use personal devices. In any case, tracking all devices and ensuring the security of the corporate environment becomes a complex and time-consuming task. Unreliable passwords, the use of potentially dangerous programs, and the denial of data encryption can cause sensitive information to fall into the hands of attackers. Attackers have many ways to implement attacks. In this case, the cost of the attack in the real environment can be very low compared to the possible benefits. The impact of criminal actions can be as insignificant, for example, expressed in the reduction of speed and spam, and significant — for example, which leads to the fact that the user can not make and receive calls or suffers financial losses. Exploiting vulnerabilities can allow hackers to infiltrate corporate networks, intercept passwords and other data, collect sensitive

personal information or trade secrets, and install malicious devices to gain control of devices. Currently, scientists and researchers are very interested in finding new means to protect information stored on mobile devices. The aim of the article is to review the existing threats and vulnerabilities of mobile device operating platforms and the choice of mechanisms to protect information resources stored on mobile devices. The article is an overview. During the security analysis of the mobile application, the security of three main components is assessed: the communication channel, the server part and the client part.

Keywords: *information security; mobile device; protection of mobile devices; threats to personal data; data leak; malware.*

Вступ: Сьогодні Bring Your Own Device (BYOD) — це далеко не новий термін в ІТ-індустрії, але він дуже стрімко привернув до себе увагу на фоні пандемії COVID-19 і швидкого переходу бізнесу в «домашній» режим.

Деякі організації вже були підготовлені до непередбачуваного майбутнього — пандемії, заздалегідь прийнявши рішення про дозвіл працювати співробітникам з дому, хоч завжди, якщо вони цього тільки забажають. Це є яскравий приклад того, коли принцип BYOD став частиною щоденної рутини компаній, у даному випадку необхідністю для виживання бізнесу у такий складний час. І як показує практика, кількість користувачів даного підходу з кожним роком лише зростатиме.

Постановка проблеми: За оцінкою Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU) абоненти мобільного зв'язку в світі ростуть набагато швидше, ніж населення. Прогнозтична модель передбачає, що обсяг світового ринку складе 8,4 млрд абонентів при 99,3 % заселення до 2025 року (8,2 млрд у 2019 році, рис. 1) [1]. Це свідчить про збільшення мобільних пристроїв, а відповідно і частоти їх застосування для потреб організацій.

До того ж повсюдне використання стратегії Bring Your Own Device у всіх сферах діяльності дозволяє прискорити бізнес-процеси, практично миттєво отримувати актуальну інформацію та спростити комунікацію з колегами. При очевидній зручності використання і мобільності співробітників виникає безліч проблем і ризиків інформаційної безпеки. Що і зумовлює актуальність обраної теми.

За даними дослідження спеціалістів ESET, у 2019 році 68 % виявлених вразливостей на Android пристроях були критичними, а 29 % з них могли бути використані для завантаження небезпечного коду. Зокрема, увагу дослідників і користувачів привернула уразливість CVE-2019-2107, яка дозволяла зловмисникам відтворювати відео на смартфоні жертви [2].

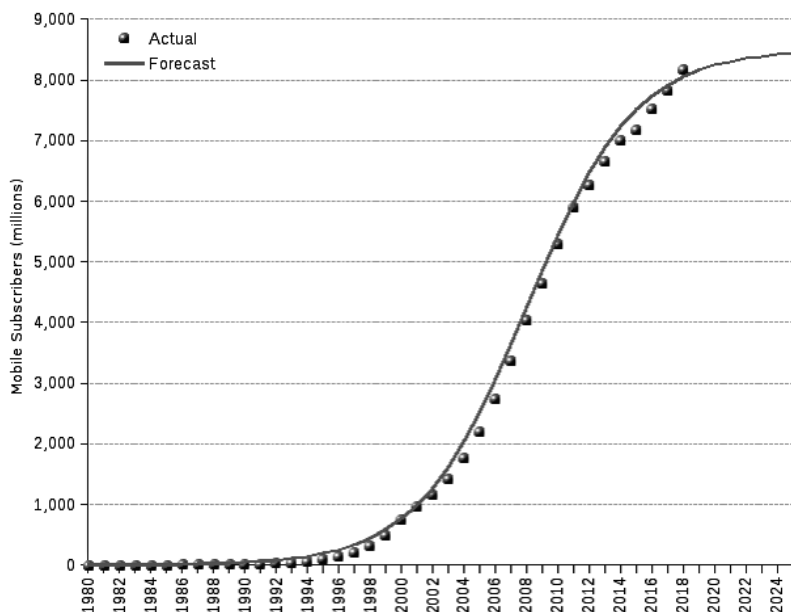


Рис. 1. Прогноз ринку мобільних телефонів ІТУ станом на 2019 рік

Навіть iOS пристрої — еталон надійності і безпеки — не позбавлені недоліків: у 2019 році було виявлено на 25 % уразливостей більше порівняно з 2018 роком, проте кількість критичних нижча приблизно на 20 % порівняно з Android. А отже основною цілью кіберзлочинців, як і раніше, є пристрої Android.

Метою статті є огляд існуючих загроз і вразливостей операційних платформ мобільних пристроїв і вибір механізмів захисту інформаційних ресурсів, що зберігаються на мобільних пристроях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв’язання проблеми захисту корпоративної інформації на мобільних пристроях, показав, що такі науковці як Метью Монтомері, Кевін Курран, Вівіан Мейнс, Деклан Харкін, Нікола Благоевич, А. В. Платоненко та інші, присвятили різним засобам захисту, таким як DLP, MDM, MAM, EMM, VPN багато уваги та часу.

Виклад основного матеріалу: Сучасні мобільні пристрої все менше відрізняються від ПК з позиції зберігання на них корпоративної інформації. Доступ до електронної пошти, корпоративних документів, спеціалізованих сервісів, ділові контакти та календа-

рі, замітки, плани і графіки робіт — це і багато іншого може отримати зловмисник, заволодівши таким пристроєм, або отримавши до нього доступ.

Величезним фактором ризику в разі втрати або крадіжки пристрою є неможливість миттєво повідомити відповідальних осіб, або заблокувати доступ до пристрою.

Також, мобільні пристрої в більшій мірі схильні до атак класу «Man-in-the-Middle», тому що змусити підключитися смартфон до «відомої» точки доступу досить легко. Після підключення до точки доступу, в більшості випадків без відома і бажання власника можна здійснювати перехоплення і підміну трафіку, а то й прямо атакувати пристрій (у випадку з Android можна скористатися спеціальними модулями Metasploit Framework).

Також, у разі Android-пристроїв велика ймовірність зараження тієї чи іншої шкідливою програмою. Це обумовлено деякими не-мало важливими факторами, як світова більшість користувачів, зростаюча кількість вразливостей у системі безпеки даної операційної системи та незахищений магазин додатків, через який є ймовірність скачування небезпечного ПЗ.

У разі рутованих/джейлбрекннутих* пристроїв, ризик втрати або крадіжки даних зростає ще вище: це і установка програми з невідомих джерел, необмежені і недостатньо контрольовані права — більшість користувачів не читає попереджень і підтверджує практично будь-які запити від додатків.

Найнебезпечнішою є загроза витоку інформації. У 2019 році частка витоку даних через мобільні пристрої зросла на 5 % у порівнянні з попереднім періодом. При цьому 60 % подібних інцидентів визнані великими, а інші 40 % — великими з довгостроковими наслідками [3].

Якщо ми говоримо про витік інформації, то ймовірними шляхами або причинами несанкціонованого доступу до корпоративної інформації на мобільних пристроях може бути:

- зберігання незашифрованих даних;
- необґрунтовані дозволи додаткам на використання інформаційних ресурсів;
- унікальний ідентифікатор пристрою IMEI (для Android пристроїв);
- вбудовані датчики;
- тощо.

Особлива увага має приділятися корпоративній інформації у відкритому вигляді на мобільних пристроях, так як зашифрована — вже є захищеною і надійність її безпеки залежить лише від

стійкості використовуваного криптоалгоритму. На даний час стандартом у сфері криптографії є AES — симетричний алгоритм блочного шифрування. Тож, якщо конфіденційна або важлива робоча інформація зберігаються в телефоні у відкритому вигляді, втрата або крадіжка пристрою можуть дорого обійтися компанії. Багато користувачів просто не усвідомлюють всіх ризиків своєї недбалості, наприклад, віддаючи телефон у ремонт або на обмін, чи не зачистивши пам'ять або не вилучивши доступи до акаунтів.

Дані з незашифрованого телефону можна витягти майже в 100 % випадків. «Майже» тут відноситься скоріше до випадків, коли телефон спробували фізично пошкодити або знищити безпосередньо перед зняттям даних. У багатьох пристроях Android і Windows Phone є сервісний режим, що дозволяє злити всі дані з пам'яті апарату через звичайний USB-кабель. Це стосується більшості пристроїв на платформі Qualcomm (режим HS-USB, який працює навіть тоді, коли завантажувач заблокований), на китайських смартфонах з процесорами MediaTek, Spreadtrum і Allwinner (якщо розблоковано завантажувач), а також всіх смартфонів виробництва LG [4].

Якщо мобільний пристрій належить компанії, його простіше і ефективніше захищати використовуючи загальноприйняті світові практики захисту BYOD. У корпоративних мобільних пристроях частка змішування особистих і професійних даних мала, тому деякі обмеження свободи дій користувача виправдані і доцільні. В цьому випадку баланс зміщений в сторону захисту даних, ніж зручності використання, чого не можна сказати про персональні пристрої, які більшою мірою залишаються неконтрольованими.

Перш ніж обрати технології забезпечення безпеки, компанії необхідно скласти план впровадження безпеки пристроїв, який може, наприклад, включати в себе такі кроки:

- визначити загрози і елементи ризику використання тієї чи іншої інформації на мобільному пристрої;
- необхідно скласти політику доступу до корпоративних даних поза периметром компанії;
- забезпечити додаткові заходи безпеки хмарного зберігання;
- встановити контроль додатків;
- забезпечення належної парольної політики;
- впровадження і підтримка в актуальному стані засобів захисту;
- реалізувати заходи щодо шифрування даних;
- встановити можливість віддаленого управління пристроєм;
- забезпечити заходи знищення інформації в разі втрати або крадіжки пристрою;

- прийняти заходи щодо утилізації пристрою або повернення у випадку звільнення працівника;
- впровадження адміністративних заходів щодо порушення політики BYOD.

Для захисту інформації на мобільних пристроях рекомендовано використовувати ряд таких технічних засобів: DLP-системи для контролю за конфіденційною інформацією, MDM-системи для контролю за самими мобільними пристроями та MAM-системи для контролю за програмними додатками на цих пристроях, або EEM-системи, що поєднують у собі всі попередні функції.

Сьогодні технології DLP-продуктів використовуються головним чином для захисту інформації від витоків. Технології категоризації інформації складають ядро DLP-систем. Зазвичай на пристрої встановлюється спеціальний агент, який буде моніторити інформацію відповідно до встановлених тегів з рівнем її секретності та активізувати відповідну дію: блокування, аудит і тому подібне.

Завдяки рішенням MAM організації можуть надавати користувачам доступ до каталогу внутрішніх програм і перевірених бізнес-рішень від сторонніх постачальників, потрібних у роботі. На додачу до списку схвалених програм адміністратори також можуть створити чорний список програм, які не задовольняють необхідним критеріям. Заради зручності рішення MAM зазвичай дають адміністраторам змогу оновлювати та навіть вилучати дані віддалено, без прямого доступу до пристроїв. Це чудовий вибір для організацій із великим штатом віддалених співробітників.

Управління мобільними пристроями (MDM) — це тип програмного забезпечення для захисту, що використовується IT-відділом для моніторингу, управління та захисту мобільних пристроїв співробітників (ноутбуків, смартфонів, планшетів тощо), які розгортаються у багатьох постачальників послуг мобільного зв'язку та на декількох мобільних пристроях (рис. 2).



Рис. 2. MDM-рішення

MDM-рішення складається з двох частин: контрольного центру і клієнтського програмного забезпечення. Клієнтське програмне забезпечення може включати засоби шифрування, що дозволяють забезпечити конфіденційність робочих даних незалежно від особистої інформації користувача, а також ряд інструментів, призначених для віддаленого моніторингу та управління пристроєм. Серед найпоширеніших функцій віддаленого управління — можливість дистанційного видалення даних, установка додатків і оновлень, спливаючі оповіщення і набір інструментів «антизлодій» (що включає відстеження географічного положення пристрою, його блокування та фотографування навколишнього викрадача обстановки).

MDM-системи можуть мати вбудоване антивірусне рішення, також можуть бути частиною мультиплатформової системи інформаційної безпеки. Рішення з управління мобільними пристроями існують для більшості популярних мобільних платформ (Android, iOS, Windows Phone, Blackberry, Symbian). Однак набір доступних функцій, залежно від операційної системи, може помітно відрізнятись. Це обумовлено відмінностями в ідеології платформ — і, як наслідок, в різному рівні доступу до даних для розробників MDM-рішень.

Мобільне управління додатками застосовує функції керування та управління політикою до окремих програм. Ця можливість необхідна, коли операційна система пристрою (наприклад, iOS, Android, Windows Phone) не надає необхідних можливостей управління або коли організації вирішили не встановлювати на пристрої профіль MDM. Існує дві основні форми управління мобільними додатками:

- попередньо налаштовані програми: До них, як правило, належать захищений менеджер персональних даних (PIM) для електронної пошти, календарів та управління контактами, а також захищений браузер, наданий постачальником послуг з управління мобільними послугами або третьою стороною;
- розширення додатків: Вони застосовують політику до програм за допомогою набору для розробки програмного забезпечення (SDK) або шляхом обгортання. Ця можливість необхідна, коли ОС не надає необхідних можливостей управління або коли організації вирішили не встановлювати агент MDM на пристрій.

Усі перераховані заходи можна застосовувати з використанням систем класу Mobile Device Management (MDM), які дозволяють віддалено (централізовано) управляти безліччю мобільних пристроїв, будь то пристрою, надані співробітникам компанією

або власні пристрої співробітників. Управління мобільними пристроями зазвичай включає в себе такі функції, як віддалений оновити регламент безпеки (без підключення до корпоративної мережі), поширення додатків і даних, а також управління конфігурацією для забезпечення всіх пристроїв необхідними ресурсами. MDM-рішення — один із засобів реалізації політики ІБ організації і, як будь-який інший інструмент, ефективні за умови використання за призначенням і правильного налаштування.

Однак і це рішення не є панацеєю від усіх загроз — можливість віддаленого управління пристроєм тільки при наявності мережі робить пристрої уразливими до фізичних атак (при відключеному мережі передачі даних або копіювання пам'яті) — клонування даних для аналізу в спеціалізованих середовищах або вилучення та можливої дешифрування даних, тому тільки дотримання контролю доступу та складу даних на мобільному пристрої може знизити ризики витоку або крадіжки критичних даних або доступу до них.

Без MDM інформація про викрадені або загублені пристрої не є захищеною, що може дозволити їй легко потрапити в чужі руки. Крім того, пристрої без MDM мають підвищений вплив шкідливих програм та інших вірусів, які можуть порушити конфіденційні дані. І після того, як конфіденційні дані скомпрометовані, легкість досягнення порушення даних або інциденту злому значно зростає — події, які можуть назавжди вплинути на репутацію компанії у споживачів та інших ділових партнерів. За даними Novell, ноутбук або планшет викрадають кожні 53 секунди, а 113 стільникових телефонів втрачають або крадуть щохвилини [5]. Оскільки витрати на відновлення після порушення корпоративних даних з кожним роком стають усе дорожчими, все більше підприємств бачать цінність комплексного рішення ЕММ.

Поточні пакети ЕММ складаються з інструментів управління політикою та конфігурацією, які поєднані з накладеним накладанням для програм і вмісту, призначеного для мобільних пристроїв, що стосуються ОС смартфонів. ІТ-організації та провайдери послуг використовують пакети ЕММ для надання ІТ-підтримки кінцевим користувачам мобільних пристроїв і підтримки політики безпеки.

Сучасні апартamenti ЕММ забезпечують такі основні функції: інвентар обладнання; інвентаризація заявок; управління конфігурацією ОС; розгортання, оновлення та видалення мобільних додатків; конфігурація мобільного додатка та управління політикою; віддалений перегляд та управління для усунення неполадок;

виконуйте віддалені дії, наприклад, віддалене форматування; управління мобільним вмістом.

Мобільні пристрої більшу частину часу підключені до Інтернету, будь то домашня мережа або загальнодоступна точка доступу Wi-Fi. Якщо не використовувати програму VPN на своєму пристрої iPhone або Android, ви автоматично стаєте привабливою мішенню для кіберзлочинців. Багато важливої корпоративної інформації стає легко доступною для злодіїв даних: повідомлення в месенджері, конфіденційні електронні листи, дані банківського рахунку та інші дані.

Мобільна VPN подібна до будь-якого іншого типу служби VPN. Вона просто пропонує захист пристрою Android або iOS через додаток, який ви можете отримати в Google Play Store та App Store.

Використання VPN гарантує захист даних під час переключення між різними мережами Wi-Fi. Частиною MDM-рішення також виступає VPN з'єднання для доступу до корпоративних ресурсів (Email, Sharepoint, Keynote, Joplin, Office) та контролю трафіка, а також його інспекції. Зі своєї сторони рішення MDM дозволяє спростити доставку сертифікату та налаштувань VPN з'єднання.

Якщо компанія вирішить налаштувати VPN вручну, то постає питання, який протокол VPN використовувати. Серед них представлені такі [6]: OpenVPN; L2TP; IPSec.

Одним з найпопулярніших і рекомендованих протоколів, OpenVPN є високо захищеною, легко налаштовуваною платформою з відкритим кодом, яка може використовувати 256-бітове шифрування AES і особливо хороша в обхід брандмауерів. OpenVPN працює на всіх основних операційних системах, включаючи Android та iOS. Однак він не підтримується на жодній платформі, а це означає, що ви повинні додати його на свій мобільний пристрій через сторонній клієнт. L2TP розшифровується як протокол тунелю рівня 2. Сам по собі L2TP — це протокол тунелювання, який не забезпечує жодного шифрування, тому, як правило, він поєднаний із IPSec-шифруванням. Разом цей дуєт досить простий у налаштуванні та підтримується на багатьох пристроях. Це забезпечує хороший захист, але є певна стурбованість тим, оскільки він використовує один порт (UDP-порт 500), його також легше заблокувати та не так добре обійти брандмауери, як OpenVPN. Крім того, оскільки це двоетапний процес перетворення та шифрування, він не такий швидкий. IPSec також можна використовувати самостійно і підтримується він на пристроях iOS.

Висновок: Мобільні пристрої все більше розповсюджені у світі, тому критично важливо захистити дані на всіх етапах їхнього використання. Завдяки різноманітним заходам безпеки працівники зможуть працювати, де та коли захочуть, практично з будь-якого пристрою. Щоб захист був максимальний, рішення для захисту мобільних даних зазвичай можна поєднувати. Наприклад, керуючи мобільними пристроями та програмами на них, організації можуть застосовувати захист і в хмарі, і в локальному середовищі. Корпоративні дані будуть у безпеці, незалежно від географічного розташування співробітників.

Варто зазначити, що зниження ризику витоку інформації через мобільні пристрої можна досягти, вживши нижче перераховані заходи та постійно контролювати цей процес: виключити використання корпоративних мобільних пристроїв в особистих цілях на роботі; підвищити грамотність і відповідальність працівників під час використання мобільних пристроїв; припинення навмисних витоків інформації через мобільний пристрій.

Бібліографічні посилання

1. Mobile Phone Market Forecast — 2019 [Електронний ресурс] — Режим доступу: https://stats.areppim.com/stats/stats_mobilex2019.htm
2. Аналіз безпеки мобільних пристроїв: підсумки першого півріччя 2019 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://eset.ua/ua/news/view/717/analiz-bezopasnosti-mobilnykh-ustroystv-itogi-pervogo-polugodiy-2019>
3. Захист корпоративної інформації від витоку через мобільні пристрої [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://licenziya-fsb.com/utechka-mobilnye-ustroistva>
4. Афонін О. Android і шифрування даних. Про те як все погано, і навряд чи стане краще [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://haker.ru/2016/05/02/android-encryption/>
5. What is Mobile Device Management (MDM)? [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.continuum.net/resources/mspedia/everything-to-know-about-mobile-device-management-mdm>
6. Empey C. Why and how to set up a VPN on your iPhone or Android [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://blog.avast.com/using-mobile-vpn-on-iphone-or-android>

Статтю подано до редакції 29.11.2020

Четверіков І.О., кандидат технічних наук,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
Петренко А.І.,
студентка ІV курсу спеціальності «Кібербезпека»,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Chetverikov I.O., Candidate of Technical Sciences (Ph. D.),
Associate Professor at the
Department of Computer Mathematics and Information Security,
Petrenko A.I.,
4th year student majoring in Cybersecurity,
SHEI KNEU named after V. Hetman

ТЕХНОЛОГІЯ BLOCKCHAIN В СИСТЕМІ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE INFORMATION SECURITY SYSTEM

Анотація. Незважаючи на постійне удосконалення технологій захисту даних і створення нових засобів, їх вразливість у сучасних умовах не тільки не зменшується, а й постійно зростає. Це пов'язано з тим, що злоумисники завжди знаходяться на крок попереду від фахівців із захисту, а превентивні заходи не можуть покрити всі можливі вектори атак. Тому актуальність проблем, пов'язаних із захистом інформації, усе більше посилюється.

Проблема захисту інформації є багатоплановою, комплексною і охоплює ряд важливих завдань. Наприклад, конфіденційність даних, яка забезпечується застосуванням різних методів і засобів (криптографічні методи закривають дані від сторонніх осіб, а також вирішують забезпечення їх цілісності); ідентифікація користувачів на основі аналізу кодів, використовуваних ними для підтвердження своїх прав доступу до системи (мережі), на роботу з даними і на їх забезпечення (забезпечується введенням відповідних паролів, використання біометричних даних).

Очевидно, що з часом кількість пристроїв буде тільки зростати, а з ним і питання захисту інформації. Сьогодні найнадійнішими системами контролю доступу до інформації, в яких не використовуються картки, ключі, жетони, паролі і які не можна викрасти або втратити, є біометричні системи контролю доступу до інформації. Однак навіть і біометричні дані можна підробити — наприклад зробити копію відбитка пальця з поверхні і спокійно обійти систему захисту.

Усі сучасні технології захисту інформації є вразливими — більшою чи меншою мірою. Блокчейн є тією технологією, яка за рахунок використання в блоках ланцюжка криптографії, геш-функцій вирішує більшість на сьогоднішній день проблем безпеки. Технологія блокчейн дозволяє вирішити проблему, пов'язану з відсутністю гарантій з боку посередників, які виступають в якості третіх осіб при здійсненні тих чи інших дій.

Технологія блокчейн потенційно здатна забезпечити абсолютну цілісність і конфіденційність, надаючи при цьому особисту інформацію, якщо та необхідна для справи. Таким чином зростає захищеність ресурсу.

Стаття містить огляд основних принципів архітектури технології блокчейн в аспекті використання цієї технології у системі захисту інформації.

Ключові слова: блокчейн; захист інформації; цілісність; кібератака; цифрова валюта; критерії захищеності.

Abstract. Despite the constant improvement of data protection technologies and the creation of new tools, their vulnerability in modern conditions not only does not decrease, but also constantly increases. This is due to the fact that attackers are always one step ahead of cybersecurity specialists, and preventive measures cannot cover all possible vectors of attacks. Therefore, the urgency of issues related to information security is growing.

The problem of information security is multifaceted, complex and covers a number of important tasks. For example, data confidentiality, which is ensured by the use of various methods and tools (encryption closes data from third parties, as well as solves the problem of their integrity); identification of the user on the basis of the analysis of the codes used by them for confirmation of the rights to access to system (network), to work with data and on their maintenance (it is provided by entering of the corresponding passwords, use of biometric data).

Obviously, over time, the number of devices will only grow, and with it the issue of information security. Today, the most reliable systems for controlling access to information, which do not use cards, keys, tokens, passwords and which cannot be stolen or lost, are biometric systems for controlling access to information. However, even biometric data can be forged — for example, make a copy of a fingerprint from the surface and safely bypass the protection system.

All modern information security technologies are vulnerable — to a greater or lesser extent. Blockchain is a technology that, through the use of cryptography chains and hash functions in blocks, solves most security problems to date. Blockchain technology solves the problem associated with the lack of guarantees from intermediaries who act as third parties in the implementation of certain actions.

Blockchain technology has the potential to provide absolute integrity and confidentiality, while providing personal information if necessary. This increases the security of the resource.

The article provides an overview of the basic principles of the architecture of blockchain technology in terms of the use of this technology in information security.

Keywords: blockchain; information security; integrity; cyberattack; digital currency; security criteria.

Вступ: В інформаційну епоху питання безпеки даних стає одним з найважливіших. Здається, що все наше життя відслідковується через бази даних, а наша конфіденційна інформація стала вразливою як ніколи.

З появою кіберпростору організації безупинно виявляють вразливості у своїх мережах і впроваджують нові засоби захисту. Ці заходи мають бути ефективними проти кібератак на основні властивості інформації, що захищається — конфіденційності, цілісності та доступності, а не просто «для галочки».

Постановка проблеми: Сучасні засоби захисту не можуть забезпечити достатній рівень захищеності інформації від компле-

ксу ціленаправлених атак, які несуть найбільшу загрозу. Найкращим засобом захисту є робота на випередження, тобто зробити так, щоб у злочинця навіть не було змоги скомпрометувати систему. З точки зору цілісності, чудовим рішенням є технологія блокчейн (Blockchain). Саме вона дозволяє забезпечити 100 % захист певних властивостей інформації апіорі, або це вже буде не блокчейн. Саме це твердження і зумовлює **актуальність** обраної теми. Блокчейн може бути застосований для перевірки оновлень, боротьби з DDoS, захисту периметру пристроїв, відмови від паролів, захисту ланцюжків поставок, контролю цілісності політик і конфігурацій, а також для управління ідентифікаційними даними. І це тільки початок, оскільки блокчейн напрямлений на захист цілісності інформації, що є одною із основних властивостей інформації. Атаки на конфіденційність, цілісність і доступність є основним набором зловмисників, за допомогою яких вони шукають слабе місце, щоб потрапити у систему та скомпрометувати її. Блокчейн пропонує абсолютну цілісність, яку неможливо підробити.

Концепцію ланцюжків блоків запропонував у 2008 р. Сатоші Накамото (Satoshi Nakamoto). Вперше реалізована вона була в 2009 році як складова цифрової валюти — Bitcoin, де блокчейн грає роль головного загального реєстру для всіх операцій. Технологія дозволяє організаціям спростити спільні робочі потоки (наприклад, ланцюжки поставок), обмінюючи і відстежуючи ресурси і транзакції в загальному реєстрі (часто називається технологією розподіленого реєстру або DLT).

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми створення стійких і надійних розподілених мереж, показав, що науковці Д. Тапскотт, А. Тапскотт, Р. Воттенхофер, Марк Андерсен, Девід Чаум, Адам Бак, Вей Дай, Хел Фінні, Елвуд Шеннон, Фрідріх Касіски, Мартін Хелман, Філіп Цимерман та інші, присвятили різним аспектам технології блокчейну багато уваги та часу [0].

Вперше про блокчейн заговорили з появою цифрових валют. Не дивно, що саме в фінансовій сфері зафіксували різке збільшення наукових досліджень щодо впровадження блокчейну для захисту цифрових активів.

Центральні банки світу за кілька останніх років пройшли шлях від неприйняття самої ідеї до пілотних проектів національної цифрової валюти (central bank digital currency, CBDC).

У [0] Центральний банк цифрових валют виклав свої напрацювання стосовно розвитку потенціалу цифрових валют. На по-

чатку 2020 року в роботу над CBDC — від вивчення питання до реалізації пілотного проекту — були залучені 80 %, або чотири з кожних п'яти центральних банків у країнах, на сукупну частку яких припадає три чверті світового населення і 90 % глобальної економіки.

У вересні — жовтні 2020 року можливість випуску цифрової валюти активно обговорюють центробанки: ФРС США, Європейський ЦБ, Банк Англії, Банк Росії. Йдуть активні обговорення в Національному Банку України.

Сьогодні дослідженнями блокчейну займаються найбільші компанії в усьому світі, зокрема Міжнародний валютний фонд. Крістін Лагард, глава ЄЦБ, у [0] наголошує, що якщо основна частина платежів буде проводитися за допомогою цифрових гаманців, а не банківських рахунків, і буде номінована в приватній цифровій валюті, грошовий суверенітет може бути ослаблений.

Ерін Інґліш, головний стратег з питань безпеки в Microsoft, у [0] запропонувала реальні можливості зменшення ризику кібербезпеки для системи інформаційних технологій завдяки технології блокчейн. Практики розглянули питання розміщення блокчейну на хмарній платформі, наприклад Microsoft Azure, що дозволило підвищити кіберзахист завдяки контролю доступу на платформі.

Таким чином **метою статті** є огляд доцільності використання технології блокчейну для інформаційної безпеки та для вдосконалення системи захисту інформації з огляду на функціональні критерії захищеності.

Блокчейн за своєю природою може забезпечити абсолютну цілісність інформації, що значно підвищить захищеність системи захисту від таких атак, як модифікації, імітація відправника, повторна передача повідомлення чи відмова від повідомлення.

Згідно з НД ТЗІ 1.1-003-99 критеріями оцінки захищеності є сукупність вимог, що використовуються для оцінки ефективності функціональних послуг безпеки і коректності їх реалізації [0]. Система із блокчейном відповідає критерію «ЦД-4. Абсолютна довірча цілісність» та ЦЗ-3. «Повна цілісність при обміні» [0].

Виклад основного матеріалу: Блокчейн-мережі розподілені між усіма комп'ютерами партнерів (мережа консорціуму). Кожен партнер може відстежувати кожну транзакцію в мережі в режимі реального часу. Крім того, партнер може відхилити неправильні транзакції, перш ніж вони будуть застосовані до реєстру. Це спрощує аудит і значно знижує ризик шахрайства. До того ж до розробки додатків ланцюжка поставок і загальних робочих пото-

ків розробники відкривають нові канали надходження доходу, створюючи нові продукти і служби на основі блокчейну.

Учасники децентралізованої мережі разом зберігають інформацію, що оброблюється в ній, у вигляді захищених криптографією блоків з даними. За допомогою алгоритмів консенсусу учасники вирішують, яким чином вони будуть довіряти один одному. Для мережі важливо, щоб транзакція була схвалена більшою частиною учасників мережі (поріг 51 %), тільки після цього буде дано новий блок до ланцюга, який ніяк не можна потім змінити.

Оскільки мережа — децентралізована, не існує якогось центрального хаба, де зберігається вся інформація, або посередника, який узгоджує роботу мережі між 2 сторонами. Ця мережа абсолютно відрізняється від звичних нам централізованих мереж, де обов'язково є головний нод, який координує роботу всієї структури.

Блоки в ланцюжку блокчейну не можуть бути змінені або видалені, тому що кожен наступний ланцюжок містить геш попереднього блоку. Таким чином, ніякі маніпуляції з інформацією в блокчейні не пройдуть непоміченими [0].

Загалом технологія блокчейну будується на 3 величезних китах, що відокремлюють її від інших технологій (рис. 1).

Ці принципи відображають деякі аспекти кібербезпеки. Розглянемо кожну з характеристик детальніше з точки зору ІБ.

Децентралізація є ефективним засобом проти фальсифікації баз даних. В середньостатистичних мережах, де є головний центр, зловмисникам достатньо завдати непоправної шкоди цьому центру, що є єдиною точкою відмови. В децентралізованій мережі такий підхід не може бути реалізований, оскільки дані зберігаються розподілено. Єдиний вихід — модифікувати ці дані у кожного учасника. Але тепер постає питання як змусити більшість підтвердити цю зміну та внести в ланцюжок.



Рис. 1. Основні характеристики блокчейну

Якщо мережа працює за алгоритмом консенсусу Proof Of Work, знадобляться величезні обсяги комп'ютерних потужностей, щоб реалізувати таку ідею. Звичайно це рішення є неефективним, тому шукають гнучкіші способи. Мова йде саме про блокчейн у Bitcoin, оскільки форки (fork — внесення змін в попередньо визначеному протоколі мережі блокчейну) першої цифрової валюти, як менш глобально розподілені, мають певні вразливості.

Блокчейн має очевидні переваги над іншими системами, але будь-яка система, якою б ідеальною вона не була, не може вважатися повністю безпечною. В історії уже є випадки інцидентів порушення конфіденційності, цілісності чи доступності. Яскравим прикладом є Mt Gox [0]. На початку 2014 року Mt Gox, біткойн-біржа, що базується в Японії, була найбільшою у світі, обробляючи понад 70 % усіх біткойн-транзакцій. До кінця лютого того ж року вона збанкрутіла.

Варто зазначити, що враховуючи попередній досвід, блокчейн стає невідомою ношею для крадіїв інформації завдяки експоненційному ускладненню операцій підробки блоків ланцюга. Тому безумовно будуть спроби зловживання і маніпулювання цією технологією, проводяться розрахунки на стійкість блокчейну в постквантову еру, але для цього буде потрібно значно більше часу, ресурсів і зусиль, ніж у випадку з традиційними технологіями.

Сьогодні найслабшим місцем у системі практичного застосування блокчейну є централізовані біржі. Саме вони є жертвами численних атак через свою централізованість. Головний принцип у такій архітектурі є найвразливішим місцем, який ніяк не може бути усунутий. Завдяки цьому зросте попит на децентралізовані системи.

Усвідомлюючи переваги технології блокчейн, багато організацій починають впроваджувати її в свою діяльність [0]. Наприклад, в Естонії розробили блокчейн-платформу для департаменту охорони здоров'я. На ній зберігається інформація, що стосується візитів до лікарів, рецепти, аналізи, історія хвороб тощо.

У кінці 2018 року IBM запустила платформу Food Trust, щоб допомогти компаніям боротися з контрафактом і вчасно реалізувати товар, у якого закінчується термін придатності. До платформи підключилися такі компанії, як Nestle, Unilever, мережі супермаркетів Walmart і Carrefour. Це обходиться їм у десятки тисяч доларів, але допомагає заощадити в сотні разів більше. Блокчейн явно зарекомендував себе новим рівнем розвитку індустрії, навіть за межами сектора інформаційної безпеки.

Технологія блокчейну нерозривно пов'язана із цифровими валютами, тому і в цій сфері спостерігаються певні зрушення, особливо в аспекті прийняття криптовалют. Україна за результатами дослідження глобального індексу прийняття криптовалют очолює список країн, де спостерігається бурхливе поширення користування криптовалютами. Дані були опубліковані у звіті «Chainalysis 2020 Geography of Cryptocurrency» 2020 року [0]. Рейтинг країн за індексом прийняття показано в табл. 1.

Таблиця 1

РЕЙТИНГ ІНДЕКСУ ПРИЙНЯТТЯ КРИПТОВАЛЮТИ У СВІТІ

Країна	Оцінка	Ранг	Рейтинг показників			
			Отримана цінність в ланцюзі	Отримана роздрібна вартість	Кількість онлайн-депозитів	Вартість обміну P2P
Україна	1	1	4	4	7	11
Росія	0,931	2	7	8	5	9
Венесуела	0,799	3	19	14	15	2
Китай	0,672	4	1	1	95	53
Кенія	0,645	5	37	11	57	1
США	0,627	6	5	6	39	16
Південна Африка	0,526	7	12	9	41	10
Нігерія	0,459	8	14	7	112	3
Колумбія	0,444	9	25	18	61	4
В'єтнам	0,443	10	2	2	44	81

Жодна з країн не збирається зупинитися на досягнутому та створює сприятливі умови для розвитку ринку цифрових валют.

Як показав досвід використання цифрових валют, криптографія та продумані економічні стимули можуть створити безпечний спосіб зберігання і управління фінансовими активами та інформацією, включаючи особисту інформацію.

Висновки: Незалежно від того, де і як використовується блокчейн, ключовим фактором його використання як технології захисту інформації є децентралізація.

Коли контроль доступу, мережевий трафік і навіть самі дані більше не зберігаються в одному місці, кіберзлочинцям стає набагато складніше атакувати інформаційні ресурси.

Підготовка до випуску CBDC займає роки, вимагаючи вивчення альтернативних моделей, раундів громадських консультацій, міжнародного обміну досвідом і багатоетапних експериментів. Швидкої появи цифрових національних валют очікувати навряд чи варто. Але вивчати і будувати моделі необхідно.

Це може означати більший рівень безпеки та меншу вразливість. Популярність використання технології блокчейну тільки зростатиме, що означає можливість продовжити дослідження питання використання блокчейну в системі захисту інформації для діяльностей різного напрямку.

Бібліографічні посилання

1. Термінологія в галузі захисту інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу: НД ТЗІ 1.1-003-99 від 28 квітня 1999 р. №22. *ДСТСЗІ СБУ, 1999*. URL: <https://tzi.com.ua/downloads/1.1-003-99.pdf>
2. Критерії оцінки захищеності інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу: НД ТЗІ 2.5-004-99 від 28 квітня 1999 р. №22. *ДСТСЗІ СБУ, 1999*. URL: <https://tzi.com.ua/downloads/2.5-004-99.pdf>
3. Башир И. Блокчейн: архитектура, криптовалюта, инструменты разработки, смарт-контракты» / Имран Башир; пер. с англ. под науч. ред.: М. А. Райтмана. — Москва : ДМК-пресс, 2019. — 538 с.
4. Кравченко П. Блокчейн і децентралізовані системи : навч. посібник для студ. закладів вищ. освіти : в 3 частинах. Ч. 1 / П. Кравченко, Б. Скрябін, О. Дубініна. — Харків : ПРОМАРТ, 2019. — 452 с.
5. Соловійов О. Блокчейн і технології розподіленого реєстру // Nplus1: інт. вид. 2020. URL: <https://nplus1.ru/material/2020/02/21/course-blockchain-chapter-1>
6. Chainanalysis: The 2020 Geography of Cryptocurrency Report. 132 p. URL: <https://go.chainanalysis.com/rs/503-FAP-074/images/2020-Geography-of-Crypto.pdf>
7. Deloitte: Blockchain & Cyber Security. Let's Discuss. 16 p. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/financial-services/us-blockchain-and-cyber-security-lets-discuss.pdf>
8. E. English, A. Davine Kim, M. Nonaka. Advancing Blockchain Cybersecurity: Technical and Policy Considerations for the Financial Services Industry. — 2018
9. R. Auer, G. Cornelli, J. Frost. Rise of the central bank digital currencies: drivers, approaches and technologies. BIS Working Papers . — 24 August 2020
10. Speech by Christine Lagarde, President of the ECB, at the Deutsche Bundesbank online conference on banking and payments in the digital world. Frankfurt am Main. — 10 September 2020

Статтю подано до редакції 15.10.2020

Щедрина О.І., к.е.н.,

доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Shchedrina O.I., PhD Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor of the Computer Mathematics
and Information Security Department,
SHEI KNEU named after V. Hetman

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В БІЗНЕСІ

SYSTEM ANALYSIS AS A TOOL FOR MAKING MANAGEMENT DECISIONS IN BUSINESS

Анотація. *Управлінське рішення є одним з основних засобів управління. В умовах динамічного зовнішнього і внутрішнього середовища управлінські рішення повинні прийматися швидко. При цьому особливо актуальним становиться проблема якості рішень, що приймаються. Організація, яка здатна приймати якісні рішення, має незаперечні переваги. Якість рішень, що приймаються, при високій швидкості їх розробки можуть бути забезпечена тільки знанням інструментів, що дають можливість виконати різні етапи й операції прийняття рішення.*

У наукових дослідженнях у сфері економіки та управління накопичений і постійно поповнюється набір інструментів (методів, алгоритмів, методик), які можуть бути використані на різних етапах процесу прийняття рішень.

В практиці управління зустрічаються проблеми різних типів, для розв'язання яких використовуються різноманітні методи. Так, для прийняття рішень по стандартних проблемам, використовуються методи і моделі, що добре розроблені, для слабо структурованих і неструктурованих проблем оптимальним є використання комбінації методів.

Складність управлінських задач продовжує підвищуватися, що обумовлює потреби у постійному розвитку і вдосконалюванні методологічних положень, методів і методичних рекомендацій. Наукова обґрунтованість рішень, їх оптимальність залежить, з одного боку, від ступеня досконалості методів, що використовуються в процесі вироблення та реалізації рішень, з іншого — від рівня знань і володіння персоналом управління комплексом методів.

Системний аналіз належить до формальних методів, що використовуються для обґрунтування і вибору оптимальних рішень, він дає можливість виявити взаємодію складових частин систем, стратегію їх розвитку.

У статті розглянуто питання прийняття ефективного управлінського рішення керівником на основі системного аналізу. Автором виділено етапи прийняття ефективного управлінського рішення і рівень його відповідальності.

Матеріали статті мають науково-методичний характер. У статті розглянуто методичні підходи та методи до розв'язання складних слабо структурованих проблем в управлінні.

Ключові слова: *ефективне управлінське рішення; системний аналіз; етапи прийняття ефективного управлінського рішення; методи аналізу проблеми; управлінська відповідальність*

Abstract. Management decision is one of the main means of management. In a dynamic external and internal environment, management decisions must be made quickly. At the same time, the problem of the quality of decisions made becomes especially relevant. An organization that is able to make quality decisions has undeniable advantages. The quality of the decisions made at high speed of their development can be provided only by knowledge of the tools giving the chance to carry out various stages and operations of decision-making.

In research in the field of economics and management a set of tools (methods, algorithms and techniques) is being accumulated and constantly replenished that can be used at different stages of the decision-making process.

In management practice, various methods are used to solve different types of problems. Thus, well-designed methods and models are practiced to make solutions to standard problems; for weakly structured and unstructured problems, the use of a combination of methods is optimal.

The complexity of management tasks continues to increase and determine the need for continuous development and improvement of methodological provisions, methods and guidelines. The scientific validity of decisions, their optimality depends, on the one hand, on the degree of perfection of the methods used in the process of development and implementation of decisions, on the other hand — on the level of knowledge and mastery of personnel management a set of methods.

System analysis belongs to the formal methods used to justify and select optimal solutions, also it allows to identify the interaction of the components of systems and the strategy of their development.

The article considers the issues of making an effective management decision by the head on the basis of system analysis. The author highlights the stages of making an effective management decision and the level of its responsibility.

The materials of the article have a scientific and methodological character. The article discusses methodological approaches and methods for solving complex poorly structured problems in management.

Keywords: effective management decision; system analysis; stages of making an effective management decision; methods of problem analysis; managerial responsibility

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. Складність управлінських задач продовжує підвищуватися, що обумовлює потреби у постійному розвитку і вдосконалюванні методологічних положень, методів і методичних рекомендацій. Наукова обґрунтованість рішень, їх оптимальність залежить, з одного боку, від ступеня досконалості методів, що використовуються в процесі вироблення та реалізації рішень, з іншого — від рівня знань і володіння персоналом управління комплексом методів. У зв'язку з цим виникає необхідність уточнення теоретико-методологічних засад системного аналізу у розв'язання економічних завдань управління діяльністю підприємством.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми, що висвітлюється, і на які спирається автор. Проблемам теорії і практики системного аналізу в економіч-

ній сфері та управлінні присвячено роботи зарубіжних і вітчизняних дослідників, а саме: В.С. Анфілатова, А.Л. Ємельянова, А.А. Кукушкіна [2], І. Блауберга [6], В. Лямця [14], С. Оптнера [16], О. І. Пономаренка [18], Ю. І. Черняка [20], Е. Юдіна [21], С. Янга [22] та ін. При цьому, на сьогодні, не існує єдиної точки зору на зміст поняття «системний аналіз» і етапи процесу прийняття управлінських рішень.

Виділення не невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Залишаються невирішеними питання щодо практичного застосування системного аналізу під час прийняття управлінських рішень на підприємствах і організаціях у всіх галузях економіки України.

Цілі статті. Метою статті є дослідження з використання системного аналізу в управлінні та розробка практичних рекомендацій для забезпечення прийняття оптимальних управлінських рішень. Розглянуті методичні підходи та методи до розв'язання складних слабо структурованих проблем в управлінні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Від економічного обґрунтування управлінських рішень залежить успіх діяльності будь-якої компанії. У теперішній час розроблено ряд наукових методів для підготовки рішень, щоб керівники могли приймати їх обґрунтовано, вибираючи найкращий з можливих варіантів. Однак ці методи ще недостатньо активно використовуються в практиці управління. Значна частина керівників, покладаються на свій досвід і на своє мистецтво управління, не приділяють належної уваги вивченню та впровадженню наукових методів управління. Одночасне використання мистецтва управління та наукових методів і підходів дає високу результативність в управлінській діяльності.

Від характеру проблеми, яку необхідно розв'язати, залежить процес прийняття рішень і його суть. Управлінське рішення можна класифікувати залежно від чисельності можливих рішень, чисельності станів навколишнього середовища, зміни тих чи інших його параметрів. Універсальну систему прийняття рішень створити неможливо, щоб вона розв'язувала всі типові управлінські задачі, а також враховувала усі випадки. У наукових публікаціях, підручниках з менеджменту наведені схеми процедури прийняття рішень для типових управлінських задач, і в яких невідмінною складовою є системний аналіз [1—13, 17—19, 22].

Що представляє сучасне підприємство, що працює в умовах ринкової економіки? Які засоби дають йому можливість переваги

в конкурентній боротьбі? Які фактори сприяють успіху компанії? Сформулювати відповіді на ці питання непросто. Для розуміння змісту діяльності сучасних компаній необхідні методи та підходи, які фокусують увагу не тільки на самому підприємстві, але і на навколишньому середовищу.

Системний аналіз — це сукупність методів і засобів дослідження складних багатокomпонентних систем, об'єктів, процесів, що спираються на комплексний підхід, з урахуванням взаємозв'язків і взаємодій між елементами системи. Системний аналіз — це методологія загальної теорії систем, яка полягає в дослідженні будь-яких об'єктів завдяки представленню їх як систем, проведення їх структуризації та аналізу.

Системний аналіз — сучасний науковий напрям, який розробляє методологію прийняття рішень і займає певне місце в структурі сучасних системних досліджень, до яких належать дослідження операцій, системотехніка. Системний аналіз реалізується в різних предметних областях — економіка та управління, техніка, виробництво ін. Основна мета системного аналізу — пошук шляхів виходу з проблемної ситуації в предметній області, що аналізується. В результаті здійснення процедур системного аналізу отримують методологію розв'язання складних проблем. У процесі створення методології використовуються базові принципи теорії систем, системний підхід, апарат дослідження операцій, кібернетики та системотехніки.

Системний аналіз призначений для розв'язання в першу чергу слабоструктурованих проблем, тобто проблем, склад елементів і взаємозв'язків яких встановлений тільки частково, а також завдань, що виникають, як правило, в ситуаціях, що характеризуються наявністю фактору невизначеності та містять елементи, що не формалізуються.

Одне із завдань системного аналізу полягає в розкритті змісту проблем, що стоять перед керівниками, які приймають рішення, настільки, щоб їм стали очевидні всі основні наслідки рішень і їх можна було б враховувати у своїх діях. Системний аналіз допомагає керівнику, відповідальному за прийняття рішення, більш строго підійти до оцінки можливих варіантів дій і вибрати найкращий з них з урахуванням додаткових, факторів, що не формалізуються, і моментів, які можуть бути невідомі фахівцям, які готують рішення.

Одним з ключових призначень системного аналізу є розробка критеріїв для вибору засобів, які допоможуть досягти поставленої мети. У процесі відбору конкретних засобів для досягнення

поставленої мети, керівникам доводиться приймати рішення серед безлічі доступних варіантів. Наприклад, на ключові питання економічного розвитку підприємства: «Яку продукцію виробляти? Як виробляти? Для кого виробляти? Як рекламувати товар? Хто споживач даного товару?» На всі ці питання можна відповісти по-різному. Як правило, можливі альтернативи, які важко порівняти один з одним, тому що вони не мають заданих одиниць вимірювань, а якщо і мають, то всі проведені розрахунки можуть бути дуже умовні та можуть істотно розходитися з тим, що є або буде в реальності. Системний аналіз як раз і спрямований на те, щоб порівняти варіанти рішень і вибрати найкращий з них. Метою системного аналізу є повна і всебічна перевірка різних варіантів дій з точки зору кількісного і якісного порівняння витрачених ресурсів на розв'язання проблеми з одержуваням ефектом.

Використання сучасного системного аналізу в управлінні дає можливість:

- встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, які вплинули на виникнення проблеми;

- аналізувати варіанти розв'язання системних проблем з урахуванням обмежень, ризиків, невизначених умов середовища;

- дати обґрунтовані рекомендації з оптимального вибору або раціональної лінії поведінки в складних управлінських ситуаціях;

- використовувати методи моделювання для вивчення проблем.

Послідовність дій, які становлять зміст процесу постановки задачі прийняття рішення може бути такою. Спочатку необхідно визначити межі системи, що підлягає оптимізації. Далі визначається критерій ефективності, тобто показник, за яким можна оцінити характеристики відшуканого управлінського рішення. Потім здійснюється вибір внутрішніх показників, які мають адекватно описувати функціонування системи. Останньою дією є побудова моделі. Вона має описувати взаємозв'язки між показниками та показати вплив незалежних показників на рівень показника ефективності.

Одна з основних потреб бізнесу — обґрунтування того чи іншого управлінського рішення. Процес прийняття рішення завжди починається з того моменту, коли виникає будь-яка проблемна ситуація та закінчується вибором одного із розроблених рішень. Це рішення повинно усунути дану проблемну ситуацію. Коли система працює без збоїв і відхилень, керівнику не потрібно втручатися в систему. Керівник стає необхідним в тому випадку, коли

в системі з'являються будь-яка невизначеність, невідомість або ризик. Рациональність управлінських рішень значною мірою залежить від самого процесу їх підготовки та прийняття.

В теорії управління будь-який процес прийняття управлінських рішень складається із таких етапів:

- 1) підготовка і прийняття рішення.
- 2) реалізація прийнятого рішення.
- 3) оцінка наслідків реалізації результатів.

Аналізуючи методики системного аналізу, можна визначити, що для прийняття рішення необхідно виконати такі етапи:

- виявлення проблем і постановка цілей;
- розробка варіантів і моделей прийняття рішення;
- оцінка альтернатив і пошуку рішення і його реалізації;
- оцінка ефективності рішень і наслідків їх реалізації.

На першому етапі здійснюються аналіз проблеми, визначення системи, аналіз структури системи, формулювання загальної мети та критерію системи, також декомпозиція мети, виявлення необхідних ресурсів для розв'язання проблеми.

На початку необхідно виявити, чи є наша економічна проблема справжньої, а не уявної? Важливо вміти точно сформулювати наявну проблему, наприклад, «проблема нестачі програмістів для виконання проекту». Необхідно структурувати проблему, а також простежити її розвиток у часі. Визначити чи пов'язана наша проблема з іншими, і якщо так, то як, а також зрозуміти, можна розв'язати проблему в принципі чи ні.

На цьому етапі необхідно визначити:

1) сутність проблеми, знайти причино наслідковий зв'язок. Потрібно з'ясувати такі питання: визначити особу, яка відповідає за розв'язання проблеми; за яких обставин потрібно прийняти рішення; визначити термін розв'язання проблеми, чи потрібно взагалі приймати рішення;

2) це системна чи разова проблема;

3) кінцевий результат розв'язання проблеми;

4) критерії та обмеження щодо розв'язання проблеми. Необхідно визначити ознаки, на підставі яких буде проводитись оцінка розв'язання проблемної ситуації, упорядкувати ці ознаки за ступенем важливості.

На цьому етапі необхідно виявити специфікацію поставленого перед нами завдання, визначити об'єкти завдання і її елементи для виявлення меж проблеми, що вирішується.

Під час аналізу структури системи необхідно побудувати ієрархію рівнів поставленої перед нами проблеми, якщо вона є бага-

тогранною, зробити специфікацію підсистем і процесів проблеми, якщо такі є.

Далі формулюється загальна мета і формуються критерії оцінки проблеми, а також їх декомпозиція за підсистемами проблеми. На цьому етапі відбувається ранжування цілей, що ставляться в ході розв'язання проблеми — від верхнього рангу до нижнього, формулювання поточних цілей, а також цілей розвитку, виявлення потреб у ресурсах. Необхідно виявити ресурси, які необхідні, для досягнення мети, оцінити наявні технології та потужності, стан ресурсів, оцінити стан тих проектів, які реалізуються в даний час, і тих, які мають реалізовуватися.

На основі аналізу проблеми розробляються альтернативні варіанти розв'язання проблеми. Після цього здійснюється оцінка всіх варіантів розв'язання проблеми, на основі цієї оцінки робиться вибір кращої альтернативи та приймається рішення.

У системному аналізі всі проблеми поділяються на три класи: добре структуровані (well-structured), або кількісно сформульовані проблеми, в яких істотні залежності з'ясовані дуже добре;

неструктуровані (unstructured), або якісно виражені проблеми, що містять лише опис найважливіших ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими абсолютно невідомі;

слабо структуровані (ill-structured), або змішані проблеми, які містять як якісні елементи, так і маловідомі, невизначені сторони, які мають тенденцію домінувати.

Проблема відрізняється від завдання тим, що метод її розв'язання є загальнішим ніж метод розв'язання задачі. Метод розв'язання проблеми, як правило, не існує або не відомий. У системному аспекті проблема є загальнішим поняттям відносно до задачі. Тому розв'язання проблеми зводять до постановки та наступного рішення сукупності завдань. Іншими словами, розв'язання проблеми здійснюють на основі декомпозиції проблеми на завдання. Завдання, які сформульовані на основі декомпозиції проблеми, можуть бути новими або відомими.

Для неструктурованих проблем складним стає саме визначення проблеми. Системний аналіз в управлінні економікою дуже часто має справу зі слабо структурованими або зовсім неструктурованими проблемами. Саме тому отримання оцінок експертів, а також їх обробка є необхідними елементами системного аналізу більшості економічних проблем.

Визначення критеріїв оцінки системи особливо важливо для управлінських рішень, тому що не завжди вони є очевидними. Критерії показують цілі, які повинні бути досягнуті. Часто в управлін-

ських рішеннях вимірюють комплексний ефект, який справило рішення на різні зацікавлені сторони — стейкхолдерів. Ухвалення управлінських рішень у процесі економічної діяльності передбачає баланс інтересів кількох стейкхолдерів, які впливають на діяльність компанії. За визначенням, стейкхолдери — це індивідууми, організації або спільноти, що формують систему очікувань щодо до компанії. Відповідно, вони впливають на прийняття управлінських рішень у компанії, вони, у свою чергу, можуть бути чутливими до цих рішень. Стейкхолдери поділяються на «внутрішніх» (власники, співробітники) і «зовнішніх» (споживачі, постачальники та інші ділові партнери, конкуренти, органи державного управління, некомерційні та громадські організації, професійні об'єднання, ЗМІ).

На етапі проектування формується комплекс заходів, моделей і проєктів, необхідних для розв'язання поставленої проблеми, визначається те, з якою черговістю будуть досягатися ті чи інші цілі, відбувається розподіл сфер діяльності і компетенцій. Усе це проводиться в рамках тимчасових і ресурсних обмежень. На даному етапі здійснюється побудова моделей, у яких за допомогою формалізованого опису зображається зв'язок між цілями, засобами та результатами.

Моделювання як метод дослідження виступає важливим етапом розв'язання практичних проблем, який дозволяє отримати додаткові відомості про системи, які вивчаються, перевірити запропоновані варіанти рішень або відшукати нові варіанти рішень.

На основі аналізу проблеми розробляються альтернативні варіанти розв'язання проблеми. Після цього здійснюється оцінка всіх варіантів розв'язання проблеми, на основі цієї оцінки робиться вибір кращої альтернативи та приймається рішення.

Розробка альтернативних варіантів розв'язання проблеми починається із формування їх максимально можливої кількості. Це, з одного боку, дозволяє уникнути шаблонних рішень, а з другого — надає змогу порівняти усі варіанти та обрати найкращий.

Ключовим етапом прийняття управлінського рішення служить операція вибору кращої альтернативи з переліку розглянутих, аналізованих. Такому вибору передують порівняння, зіставлення варіантів по колу параметрів, встановлених у ході моделювання, прогнозування, включаючи в першу чергу показники ступеня вирішення проблеми, часу рішення, витрат ресурсів, очікуваних наслідків здійснення рішення, ступеня ризику невиконання рішення.

Формування переліку альтернатив має бути обумовлено стратегічними та фактичними цілями організації, станом зовнішнього та внутрішнього середовища, наявними та бажаними ресурсами, конкретними значеннями параметрів, що підлягають і не підлягають коригуванню.

Пошук і формування альтернативних рішень для розв'язання заданої проблеми є творчим процесом. Чим більше способів і варіантів розв'язання проблеми, тим більше можливостей знайти оптимальне рішення при заданих умовах і обмеженнях. Складно порівняти та перевірити всі альтернативні рішення, тому що це вимагає значних витрат. Зазвичай обмежуються аналізом від чотирьох до п'яти варіантів.

Здійснюючи вибір кращого варіанту, обґрунтовуючи свій вибір, приймаючи завершальне рішення, всі учасники цього процесу змушені розглядати і враховувати ряд показників: витрат ресурсів і часу, ризику, наслідків прийнятого рішення. За одними показниками краще виявляються одні варіанти, а за іншими параметрами — інші варіанти. Найчастіше обґрунтованіше рішення проблеми вимагає великих витрат ресурсів і тривалішого часу. Тому про вибір оптимального варіанту рішення можна говорити зі значною мірою умовності, тому що єдиний критерій оптимальності рішень за рідкісними винятками відсутня. В умовах же типового вибору за багатьох критеріїв перевага віддається прийнятному варіанту, який видається найкращим з тих чи тих позицій особам, які приймають рішення.

У компаніях після вибору найкращої альтернативи реалізація рішення може бути передана іншому підрозділу або проєктній групі. На стадії реалізації рішення широко застосовуються методи планування, організації та контролю виконаних рішень. Складання плану реалізації рішення зазвичай означає отримання відповідей на питання, що, кому і з ким, як, де і коли робити. Відповіді на ці питання повинні бути документально оформлені.

На етапі контролю за реалізацією рішення в компаніях можуть бути використані різні методи: контроль за проміжними та кінцевими результатами, контроль за термінами виконання. Основне призначення системи контролю полягає у створенні системи гарантій виконання рішень, системи забезпечення максимально можливої якості рішення. На даному етапі, як правило, відстежуються відхилення від запланованої мети, встановлюються причини відхилень, за можливістю усуваються або враховуються у подальших рішеннях. Цінність контролю на даній стадії поля-

гає в забезпеченні зворотного зв'язку між керуючою і керованою сторонами і отриманні інформації про реальний стан справ.

На етапі аналізу наслідків рішення оцінюється його ефективність і результат залежно від спочатку поставленої мети. Передбачається, що ефективним є рішення, яке дозволяє максимально досягти поставлених цілей при мінімальній витраті ресурсів. Залежно від характеру рішення слід виявити кількісні і якісні наслідки рішення, опитати зацікавлені сторони, здійснити зворотний зв'язок і обчислити основні показники ефективності. На процес прийняття управлінських рішень впливає безліч факторів, таких як ступень ризику; час, відведений для прийняття рішення; політика організації.

Успіх у бізнесу залежить не тільки від того, наскільки правильно обрані напрями розвитку компанії та стратегії маркетингу, а ще й від технічної підтримки прийняття рішень, автоматизації всіх рівнів управління підприємством, ефективної роботи його інформаційної системи.

Для спрощення роботи сучасного бізнесу необхідна автоматизація різних бізнес-процесів. Однією із таких технологій є CRM — системи, це системи управління інформацією про клієнтів, а CRM-менеджери — це аналітики, які досліджують взаємовідношення фірми з наявними клієнтами, переконуючись, що рівень їх обслуговування (інакше кажучи, лояльності клієнта) максимально високий. На основі своїх досліджень вони також шукають способи залучення нових клієнтів.

CRM — системи дають можливість автоматизувати та стандартизувати відносини з клієнтами, а саме:

- створити та підтримувати єдину базу клієнтів і контрагентів;
- ефективно контролювати роботу відділу продажів;
- отримувати статистичні й аналітичні дані;
- поліпшувати якість роботи з клієнтами.

Для ефективної роботи CRM-фахівець використовує певний комплекс спеціальних програмних засобів, наприклад, CRM-системи, які дозволяють автоматизувати бізнес-процеси компанії, забезпечити взаємодію всіх її підрозділів з клієнтами на рівні, визначеному CRM-ідеологією. Такі системи, з одного боку, вирішують завдання, спрямовані на задоволення й утримання клієнтів, а з іншого — є оптимізацією діяльності компанії, скорочуючи витрати, пов'язані з пошуком і обробкою інформації, аналізом даних, управлінням продажами тощо.

Схему управління взаємодією підприємства (організації) з клієнтами за допомогою CRM-системи надано на рис. 1.

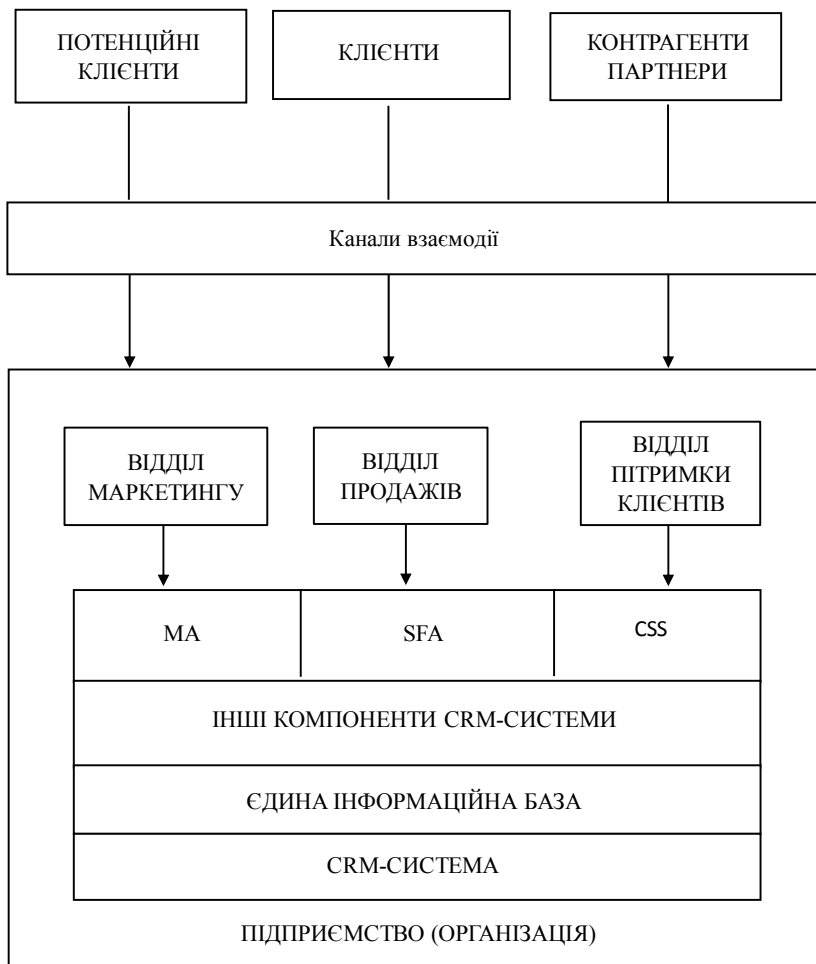


Рис. 1. Схема управління взаємодією підприємства (організації) з клієнтами за допомогою CRM-системи

Способами комунікації клієнтів з CRM-менеджерами є e-mail, телефон, sms-повідомлення, факс, зустріч з менеджером, ICQ, сайт компанії, точки продажу продукції, соціальні мережі.

Основними функціональними компонентами більшості CRM систем є:

модуль SFA (Sales Force Automation) — автоматизація діяльності торгових представників;

модуль MA (Marketing Automation) — автоматизація маркетингу;

модуль CSS (Customer Service & Support) — автоматизація служби підтримки та обслуговування клієнтів.

Ядром будь-якої CRM-системи є база даних, яка інтегрує всі контакти, дозволяє зібрати в ній інформацію і провести інтеграцію з усіма іншими корпоративними інформаційними системами. Питання про компоненти системи до сьогоднішнього дня є відкритим, додатковими компонентами до основних можуть бути:

Time Management — модуль, що допомагає скоординувати роботу всіх підрозділів у часі: календар, перелік завдань, також різні модулі сполучення з факсом, електронною поштою та іншими засобами зв'язку;

Telemarketing/telesales — модуль інтеграції з call-центром, ведення статистики, записів стандартних запитань;

Partnership Relations Management (PRM) — модуль управління взаємовідносинами з партнерами;

e-Business — модуль, який відповідає за веб-частину CRM, у нього можуть входити веб-сайт компанії, інтернет-магазин або B2B майданчик, взаємодія з клієнтами через Інтернет.

Business Intelligence — модуль бізнес-аналітики;

Integration — модуль інтеграції з другими корпоративними системами.

Функціональні обов'язки CRM-менеджера досить численні. З них можна виділити кілька категорій, які представлені в табл. 1.

Таблиця 1

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОБОВ'ЯЗКИ CRM-МЕНЕДЖЕРА

Категорія	Функція
1. Розробка концепцій відносин з клієнтами	створення нових концепцій взаємовідносин з клієнтами; підтримка наявних клієнтів; постійна робота з залучення нових клієнтів.
2. Ведення маркетингових проєктів	розробка, проведення та контроль маркетингових акцій на основі статистичних параметрів; інформування клієнтів про дату, тематику маркетингових акцій; складання списків розсилок за клієнтами; розробка бюджету маркетингових акцій; складання технічного завдання для верстки розсилки і її виконання; контроль за процесом розсилки.

Категорія	Функція
3. Управління базою даних клієнтів компанії	своєчасне занесення в базу даних інформації про клієнтів; робота над підтримкою актуальної інформації в базі даних; управління безперебійною роботою клієнтської бази даних; статистичний аналіз і сегментація даних бази.
4. Робота з клієнтами	анкетування клієнтів на сайті або в місці продажів; розробка стратегії взаємовідносин з цільовою аудиторією; організація взаємодії з клієнтами за допомогою опитувань по e-mail, sms-розсилок.
5. Робота з партнерами	робота за програмами лояльності з партнерами (це можуть бути різні бонуси, накопичувальні картки, моментальні знижки, бали, і т. п.); спілкується з діловими партнерами, усуває проблеми, що виникають; оцінює можливості майбутніх партнерів з бізнесу і те, наскільки вони надійні; організовує зустрічі з можливими партнерами, обговорює умови договорів і укладає їх.
6. Робота зі співробітниками компанії	складання завдань для копірайтерів, спеціалістів з промо-акцій; розробка інструкцій для магазинів.
7. Оцінка ефективності	складання аналітичних довідок, презентацій і звітів про оцінку ефективності проведених заходів і в цілому по базі даних клієнтів.

Одна з основних функцій CRM-менеджера — це повне управління базою даної клієнтів компанії, в якій він працює. На основі статистичних даних, які отримує CRM-менеджер з бази даних клієнтів, він розробляє, веде і контролює маркетингові акції, які відповідають завданням і планам компанії (наприклад, збільшення продажів, підвищення лояльності клієнтів, просування продукту/бренду).

CRM-менеджер не тільки веде базу даних, але і працює безпосередньо з клієнтами, підтримує з ними зв'язок. Для того щоб залучити й утримати клієнта, необхідна злагоджена робота кількох підрозділів компанії. Мало придумати маркетингову програму, важливо її правильно реалізувати.

Після завершення будь-якої акції та маркетингового заходу важливо оцінити їх ефективність, щоб співвіднести витрати та результати, щоб врахувати помилки та до нової акції підійти з поліпшеним планом.

Розробка універсальної формалізованої моделі управління процесом взаємодії підприємства або організації з клієнтами неможлива в силу його складності та слабо структурованості. Попри це, підвищення ефективності цього процесу можливо шляхом створення і застосування систем підтримки прийняття рішень

Висновки. Для ефективного управління підприємством, компанією, організацією системний аналіз має першорядне значення, тому що з його допомогою виявляють проблеми та можливості їх розв'язання. Системний аналіз є сукупністю методів дослідження складних соціально-економічних систем, виявлення проблем, планування і реалізація дій, що спрямовані на їх ліквідацію. Тому будь-яке рішення повинно спиратися на результати системного аналізу. Знання менеджерів змісту етапів процесу вироблення управлінського рішення, методів, що забезпечують якість рішення, що набувається, а кожному етапі з урахуванням ситуаційних характеристик, чинників, що впливають на формування і реалізацію рішення, сприяє підвищенню ефективності управління організації в цілому.

Бібліографічні посилання

1. Алексеева М.М. Планирование деятельности фирмы / М.М. Алексеева. — М.: «Финансы и статистика», 1997. — 248 с.
2. Анфилатов В. С. Системный анализ в управлении: учебное пособие / Анфилатов В. С., Емельянов А. Л., Кукушкин А. А. ; под ред. А. Л. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2009. — 368 с.
3. Ансофф И. Стратегическое управление / И. Ансофф; пер. с англ. — М.: «Экономика», 1989. — 519 с.
4. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия / И. Ансофф; пер. с англ. — СПб.: «Питер», 1999. — 416 с.
5. Бабинцев В.С. Менеджмент и стратегическое управление / В.С. Бабинцев. — М.: МГТУ, 1998. — 24 с.
6. Блауберг И. В. Становление и сущность системного подхода / И. В. Блауберг. — М.: Мир, 2007. — 361 с.
7. Виханский О.С. Менеджмент: человек, стратегия, организация, процесс: учебник / О.С. Виханский, А.И. Наумов. — М.: МГУ, 1995. — 416 с.
8. Гончарук В.А. Маркетинговое консультирование / В.А. Гончарук. — М.: «Дело», 1998. — 248 с.

9. Гроув Эндрю С. Высокоэффективный менеджмент / Эндрю С. Гроув; пер. с англ. — М.: «Филинь», 1996. — 280 с.
10. Дафт Р.Л. Менеджмент / Р.Л. Дафт; пер. с англ. — СПб.: «Питер», 2000. — 832 с.
11. Дойль П. Менеджмент: стратегия и тактика / П. Дойл; пер. с англ. — СПб.: «Питер», 1999. — 560 с.
12. Зайцев Л.Г. Стратегический менеджмент / Л.Г. Зайцев, М.И. Соколова. — М.: «Экономист», 2002. — 416 с.
13. Кинг У., Клиланд Д. Стратегическое планирование и хозяйственная политика / У. Кинг, Д. Клиланд; пер. с англ. — М.: «Прогресс», 1982, 399 с.
14. Лямец В. И. Системный анализ / В. И. Лямец. — Х. : ХТУРЭ, 2012. — 252 с.
15. Мескон М. Основы менеджмента / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури; пер. с англ. — М.: «Дело», 1997. — 704 с.
16. Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем / С. Оптнер. — М.: Советское радио, 1989. — 416 с.
17. Платов В.Я. Системный анализ в принятии управленческих решений / В.Я. Платонов. — М.: Всероссийская академия внешней торговли, 2002. — 100 с.
18. Пономаренко О. І. Системні методи в економіці, менеджменті та бізнесі / О. І. Пономаренко. — К. : Либідь, 2015. — 240 с.
19. Томпсон А.А., Стрикленд А. Дж. Стратегический менеджмент / А.А. Томпсон, А. Дж. Стрикленд; пер. с англ. — М.: «Банки и биржи», 1998. — 576 с.
20. Черняк Ю. И. Системный анализ в управлении экономикой / Ю. И. Черняк. — М. : Экономика, 1975. — 193 с.
21. Юдин Э. Г. Системный подход и принцип деятельности: методологические проблемы современной науки / Э. Г. Юдин. — М. : Наука, 1988. — 256 с.
22. Янг С. Системное управление организацией / С. Янг; пер. с англ. — М.: Советское радио, 1982. — 456 с.

Статтю подано до редакції 08.10.2020

Моделювання та інформ. системи в економіці : зб. наук. праць /
відп. ред. О. Є. Камінський. 2020. № 99. 1 — 184 с.