



ACTUAL PROBLEMS OF SYSTEM ANALYSIS AND MODELLING OF MANAGEMENT PROCESSES

**ACTUAL PROBLEMS OF
SYSTEM ANALYSIS AND
MODELLING OF
MANAGEMENT PROCESSES**

Monograph

Bratislava-Kharkiv, 2023

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
УПРАВЛІННЯ**

Монографія

Братислава-Харків, 2023

Ponomarenko, Volodymyr,

Guryanova, Lidiya

Peliova, Jana

Nezinsky, Eduard

Actual problems of system analysis and modelling of management processes / Volodymyr Ponomarenko, Lidiya Guryanova, Jana Peliova, Eduard Nezinsky, 2023

ISBN 978-80-69013-03-2

Authors: Ponomarenko V. – preface, p.2.6; Guryanova L. – pp.2.6, 3.4; Filip S. – p.3.4; Hudakova M. – p.3.8; Nežinský E. – p.2.6; Peliova J. – p.2.6; Burtnyak I. – pp.1.2, 1.3; Kaminskyi A. – p.1.1; Kushnirenko O. – p.2.3; Merkulova T. – p.2.1; Pereverzev A. – p.3.6; Piskunova O. – p.1.4; Poluektova N. – p.3.6; Serhiienko O. – p.2.8; Tiutiunyk V. – p.2.4; Turlakova S. – p.3.1; Ustenko S. – p.3.2; Artemenko V. – p.2.2; Dubrovina N. – p.3.8; Gakhovych N. – p.2.3; Kmytiuk T. – p.2.5; Lohvinenko B. – p.3.5; Malyska A. – p.1.2; Pilko A. – pp.1.5, 1.6; Shunilo Y. – p.3.3; Tiutiunyk O. – p.2.4; Yatsenko R. – p.3.4; Butylo D. – p.1.1; Dubrovina V. – p.1.7; Graser S. – p.3.8; Grimberger V. – p.3.7; Klochko R. – p.1.4; Kramar V. – p.1.6; Ostapovych T. – p.3.2; Weber J. – p.2.9; Yakovliev A. – p.2.7, Andrusik Y. – p.3.4; Artemenko O. – p.2.2; Litvina M. – p.2.1; Chepyha B. – p.1.5, Orlova A. – p.2.6.

The monograph deals with instrumental means of system analysis, modeling, forecasting for solving complex problems in the management socio-economic systems, financial systems, risk management in conditions of increasing global instability, the appearance of additional threats, significant transformations, market turbulence. Special attention is paid to the assessment of the impact of "shocks" on various classes of investment assets, the study of the stock market volatility, the tools of the post-war recovery of the Ukrainian economy, the possibilities of enhancing the efficiency of management of various activities based on the application of Artificial Intelligence, Machine Learning, Data Science.

УДК 33.012.2:004.94

А 75

*Рекомендовано до друку вченою радою
Харківського національного економічного університету
імені Семена Кузнеця
(протокол № 6 від 23 травня 2023 р.)*

Рецензенти: **Григорук П.М.** – докт. екон. наук, професор, завідувач кафедри економіки, аналітики, моделювання та інформаційних технологій в бізнесі Хмельницького національного університету
Заруба В.Я. – докт. екон. наук, професор, професор кафедри маркетингу Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

А 75 **Актуальні проблеми системного аналізу та моделювання процесів управління** / За ред. В. Пономаренка, Л. Гур'янової, Я. Пеліової, Е. Ніжинського – Братислава-Харків, ВШЕМ – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2023. – 408 с.
Укр. мова, англ. мова.

ISBN 978-80-69013-03-2

Авторський колектив: Пономаренко В.С., д.е.н., проф., ректор – вступ, п.2.6; Гур'янова Л.С., д.е.н., проф. – пп.2.6, 3.4; Нежинський Е. – PhD, проф. – п.2.6; Пеліова Я. – PhD, віце-ректор – п.2.6; Філіп С., PhD, віце-ректор – п.3.4; Худакова М., PhD, віце-ректор – п.3.8; Буртняк І.В., д.е.н., проф. – пп.1.2, 1.3; Камінський А.Б., д.е.н., проф. – п.1.1; Кушніренко О.М., д.е.н., доц. – п.2.3; Меркулова Т.В., д.е.н., проф. – п.2.1; Переверзев А.В., д.т.н., проф. – п.3.6; Піскунова О.В., д.е.н., проф. – п.1.4; Полуектова Н.Р., д.е.н., доц. – п.3.6; Сергієнко О.А., д.е.н., проф. – п.2.8; Турлакова С.С., д.е.н., доц. – п.3.1; Тютюник В.В., д.т.н., проф. – п.2.4; Устенко С.В., д.е.н., проф. – п.3.2; Артеменко В.Б., к.е.н., доц. – п.2.2; Гахович Н.Г., к.е.н., с.н.с. – п.2.3; Дубровіна Н.А., к.е.н., доц. – п.3.8; Кмитюк Т.Л., к.е.н., доц. – п.2.5; Логвіненко Б.І., к.е.н. – п.3.5; Малицька Г.П., к.ф.-м.н., доц. – п.1.2; Пілько А.Д., к.е.н., доц. – пп.1.5, 1.6; Тютюник О.О., к.т.н., доц. – п.2.4; Шуміло Я.М., к.е.н. – п.3.3; Яценко Р.М., к.е.н., доц. – п.3.4; Бутило Д., асп. – п.1.1; Вебер Дж., асп. – п.2.9; Грасер Ш., асп. – п.3.8; Грімбергер В., асп. – п.3.7; Дубровіна В.А., асп. – п.1.7; Клочко Р.С., асп. – п.1.4; Крамар В.Р., асп. – п.1.6; Остапович Т.В., асп. – п.3.2; Яковлев А.А., асп. – п.2.7, Андрусик Є.В., маг. – п.3.4; Артеменко О.В., маг. – п.2.2; Літвіна М.О., маг. – п.2.1; Орлова А.О., маг. – п.2.6, Чепига Б.Т., бак. – п.1.5.

В монографії розглядаються інструментальні засоби системного аналізу, моделювання, прогнозування для вирішення складних проблем в управлінні соціально-економічними системами, фінансовими системами, управлінні ризиками в умовах посилення глобальної нестабільності, появи додаткових загроз, суттєвих трансформацій, турбулентності ринків. Особливу увагу приділено оцінці впливу «шоків» на різні класи інвестиційних активів, дослідженню волатильності фондового ринку, інструментам післявоєнного відновлення української економіки, можливостям підвищення ефективності управління різними видами діяльності на основі застосування Artificial Intelligence, Machine Learning, Data Science.

ISBN 978-80-69013-03-2

© Колектив авторів, 2023

CONTENTS

INTRODUCTION.....	9
CHAPTER 1. MODELING OF FINANCIAL PROCESSES	11
1.1. Impact of shocks on stock markets: comparative analysis for alternative investment asset classes.....	11
1.2. Applicable aspects of stock market volatility study.....	31
1.3. Exchange rate analysis using neural networks.....	41
1.4. Modeling the duration of client activity in the bank using the Weibull survival regression model.....	51
1.5. Modeling of relationships between macroeconomic indicators and sovereign debt indicators.....	67
1.6. Approaches to modeling the influence of inflation expectations on inflation	87
1.7. Impact of features of funding mechanisms of healthcare systems on their efficiency in EU countries	101
CHAPTER 2. SYSTEM MODELING AND SOCIO-ECONOMIC PROCESSES MANAGEMENT	115
2.1. Analysis of unemployment by machine learning.....	115
2.2. Analysis of dynamics of ukrainian synthetic quality of life indicators and their determinants	132
2.3. Strategic objectives and instruments for post-war recovery of Ukrainian engineering.....	144
2.4. Features of management anti-crisis decisions in conditions of the epidemic danger of the spread of COVID-19.....	154
2.5. Forecasting of average salary in Ukraine based on exponential smoothing models by Data Science tools	167
2.6. How is employment changing?: models and experiment	179
2.7. Models of adaptive quality management of online educational services	197

2.8. Modeling the dynamics of complex hierarchical systems based on intelligence economy and virality of development processes.....	218
2.9. Risks for local public transport in the modern challenges for transport industry	249
CHAPTER 3. ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN THE COMPLEX SYSTEMS MANAGEMENT	268
3.1. Reflexive management of the behavior of economic agents in the digital space using artificial intelligence tools	268
3.2. Use of artificial intelligence and the Amazon Textract service in banking electronic document management systems	284
3.3. Reflective behavior management of marketing specialists using artificial intelligence tools	307
3.4. Methods and models of Data Science in in the marketing analysis of the company`s product portfolio	320
3.5. Influence of artificial intelligence tools on the result of decision-making of economic agents in the digital space in the management of human resource behaviour	333
3.6. Optimization of data replication in distributed corporate systems based on the ESDS model	346
3.7. Problems of global education market and challenges for education servives in Germany	358
3.8. Models of price formation for individual products of wholesale trade in auto parts	375
APPENDIXES.....	391

ЗМІСТ

ВСТУП	9
ГЛАВА 1. МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ	11
1.1. Impact of shocks on stock markets: comparative analysis for alternative investment asset classes	11
1.2. Прикладні аспекти дослідження волатильності фондового ринку.....	31
1.3. Аналіз валютного курсу за допомогою нейронних мереж	41
1.4. Моделювання тривалості клієнтської активності в банку з використанням регресійної моделі виживання Вейбулла.....	51
1.5. Modeling of relationships between macroeconomic indicators and sovereign debt indicators.....	67
1.6. Підходи до моделювання впливу інфляційних очікувань на інфляцію	87
1.7. Impact of features of funding mechanisms of healthcare systems on their efficiency in EU countries	101
ГЛАВА 2. СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ.....	115
2.1. Аналіз безробіття методами машинного навчання	115
2.2. Аналіз динаміки українських синтетичних індикаторів якості життя та їхніх детермінант.....	132
2.3. Strategic objectives and instruments for post-war recovery of Ukrainian engineering.....	144
2.4. Особливості прийняття управлінських антикризових рішень в умовах епідемічної небезпеки поширення COVID-19.....	154
2.5. Forecasting of average salary in Ukraine based on exponential smoothing models by Data Science tools	167
2.6. Як змінюється зайнятість?: моделі та експерименти	179
2.7. Моделі адаптивного управління якістю освітніх онлайн послуг	197

2.8. Моделювання динаміки складних ієрархічних систем на основі економіки інтелекту та віральності процесів розвитку	218
2.9. Risks for local public transport in the modern challenges for transport industry	249
ГЛАВА 3. ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	
В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ.....	268
3.1. Рефлексивне управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі із використанням інструментів штучного інтелекту	268
3.2. Use of artificial intelligence and the Amazon Textract service in banking electronic document management systems	284
3.3. Рефлексивне управління поведінкою фахівців з маркетингу за допомогою інструментів штучного інтелекту	307
3.4. Методи і моделі Data Science в маркетинговому аналізі продуктового портфеля компанії.....	320
3.5. Вплив інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами	333
3.6. Оптимізація реплікації даних в розподілених корпоративних системах на основі моделі ESDS	346
3.7. Problems of global education market and challenges for education servives in Germany	358
3.8. Моделі формування цін на окремі товари оптової торгівлі автозапчастинами	375
ДОДАТКИ.....	391

ВСТУП

Сучасний етап розвитку соціально-економічних систем характеризується посиленням глобальної нестабільності, появою додаткових ризиків та загроз, суттєвими трансформаціями, турбулентністю ринків. Це призводить до необхідності розробки нових інструментальних засобів системного аналізу, моделювання, прогнозування для вирішення складних проблем в управлінні соціально-економічними системами, фінансовими системами, управлінні ризиками в контексті забезпечення сталого, конкурентного, безпечного розвитку систем різного рівня ієрархії. У монографії розглядаються такі інструментальні засоби.

У першому розділі «Моделювання фінансових процесів» розглянуто моделі оцінки впливу «шоків» на різні класи інвестиційних активів, прикладні аспекти дослідження волатильності фондового ринку, моделі нейронних мереж валютного курсу, моделі впливу макроекономічних показників на показники державного боргу, моделі оцінювання впливу інфляційних очікувань на інфляцію, моделювання впливу особливостей механізмів фінансування систем охорони здоров'я на їх ефективність у країнах ЄС. Запропоновані моделі дозволяють підвищити якість фінансових рішень в економічних системах різного рівня ієрархії в умовах макроекономічної нестабільності та трансформаційних процесів.

Другий розділ монографії «Системне моделювання та управління соціально-економічними процесами» містить опис інструментальних засобів аналізу рівня безробіття, динаміки українських синтетичних індикаторів якості життя та їх детермінант, післявоєнного відновлення української економіки, прийняття антикризових рішень, прогнозування зарплати, структури зайнятості, адаптивного управління якістю освітніх. онлайн-послуг. Запропонований інструментарій дозволяє провести аналіз структурних змін ринку та сформулювати рекомендації щодо адаптації стратегій розвитку у різних сферах.

У третьому розділі монографії "Інструменти штучного інтелекту в управлінні складними системами" розглянуто можливості підвищення ефективності управління різними видами діяльності на основі застосування Artificial Intelligence, Machine Learning, Data Science. Зокрема, розглянуто рефлексивне управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту, використання штучного інтелекту та сервісу Amazon Textract в системах банківського електронного документообігу, рефлексивне управління поведінкою фахівців з маркетингу за допомогою інструментів штучного інтелекту, методи і моделі Data Science в аналізі продуктового портфеля компанії, вплив інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людських ресурсів, оптимізацію реплікації даних у розподілених корпоративних системах на основі моделі ESDS.

Колектив авторів монографії є учасником XIV Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем" (6-7 квітня 2023 р.), мета якої полягає у обговоренні наукових та практичних проблем системного аналізу, моделювання та управління. За минулі роки в рамках конференції було видано чотирнадцять збірок тез доповідей, одинадцять колективних монографій загальним обсягом понад 170 ум.-друк. аркушів. З матеріалами наукових конференцій можна ознайомитися на сайті конференції <https://mpsesm.org>.

Загальну редакцію змісту монографії здійснено проф. В. Пономаренко, проф. Л. Гур'яноюю, проф. Я. Пеліовою (Jana Peliova), проф. Е. Ніжинським (Eduard Nezinsky), технічна та стилістична редакція – доц. Р. Яценко.

ГЛАВА 1

МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

1.1. Impact of shocks on stock markets: comparative analysis for alternative investment asset classes

Shocks in stock markets

Shocks in financial markets (the "Black Swan" in Taleb's terminology [2] already have a certain history and demonstrate different types of appearances. There are shocks in some segments of financial markets, in selected markets and at the global level. Despite the existing history of the financial shocks appearance, the scientific direction of their research is quite new in economic science. One of the reasons for this is the relatively long-time intervals between shocks occurrence. In the periods between shocks, financial markets are developed, new segments are raised, new financial instruments emerge and, quite often, the structure of the stock market can be essentially developed.

In addition, during periods "from shock to shock" the capabilities and tools of financial market regulators change. These changes undoubtedly affect to the shock investigation. On one hand, the existing genesis of shocks allows to use analog scientific methods. But the use of the analog method generates the question about correctness grounded. Another factor that characterizes the "novelty" in the direction of research of financial shocks is the growth of databases, data mining, tools of mathematical and statistical modeling. Indeed, if we compare the possibilities of economic analysis of American stock market shock in 1933 and the latest financial shocks, the use of data and quantitative methods is incomparable.

Shocks in stock markets represent a sharp change in the prices of assets that traded on them. Together, this causes changes in indices and other integral indicators of markets. In addition, the price change lead to changes in many other parameters, for example, trading volumes, size of spreads, yields, duration of bonds etc.

An important aspect in the investigation of financial shocks is their division into two groups. The first is a group of shocks due to economic and financial factors. These frameworks suppose that financial shock a certain consequence of the processes that occur within the financial system, or a reflection of economic reasons. Interesting, in this aspect, are the theoretical backgrounds elaborated by Hyman Minsky [1], which justify shocks by internal factors of the financial systems development. A fairly thorough analysis of financial shocks is given in the monograph [3].

The second group of shocks causes involves impacts of external, non-economic and non-financial distresses. These can be wars, natural, epidemiological, environmental and man-made disasters. The subjects of our scientific research are shocks exactly by from this group. Namely, the shock of this type was the global shock generated by the COVID-19 pandemic (March, 2020). Also, this type includes the shock of world stock markets generated by Russian aggression against Ukraine (February, 2022).

Event study analysis

The starting place of our study to shock`s research is Event study analysis. This approach, today, is a methodological component of the study of stock markets dynamic and is well outlined in the scientific literature. In particular, the main components of this analysis are presented in the book [4]. Book describes structure, logic and sequence of application Event study analysis.

The theory of market efficiency forms the conceptual basis of application this analysis to research shock in stock markets. This theory was developed by the American economist Eugene Fama in the 60s of the twentieth century. In 2013 Eugene Fama was awarded the Nobel Prize in Economics. The core of the theory is efficient-market hypothesis (EMH). According to this theory, all significant information is immediately and fully reflected in the market price value of stock assets. In this case, the forms of efficiency are divided into three types: weak, semi-strong, strong. Research has shown that well-developed capital markets are semi-strong form efficient.

The second group of shocks is caused by external, non-economic reasons. Consided in our reseach shocks belong exactly to this group. Namely, the shock of this type was the global shock generated by the COVID-19 pandemic (March, 2020). Also, this type includes the shock of stock markets generated by Russian aggression against Ukraine (February, 2022). The application of Event study analysis involves the formation of three time intervals: before event, the event itself, after event. The analysis can be divided into two components. The first component includes the assessment of changes in market parameters (and individual market segments) directly in the implementation of the event. The second component includes the analysis of the behavior of the market before event period. One component of this analysis is to compare the values of the after event parameters with the values of the before event. The selection of intervals for analysis is a task that arises from the following questions:

- What is the time interval to use as the event itself?
- What time interval should to use for notion “before event” and for notion “after event” ?

When searching for the answer to the first question, the study faces difficulties in identifying the right end of the time interval. Indeed, the onset of shock corresponds to a sharp change (a drop or increase) of parameters. In fact, this corresponds to the definition of shock. At the same time, the transition from "the event itself" to "after shock" requires some validity.

In our view, to identify a transition point from "the event itself" to "after shock" there may be a start to move the parameters backwards.

One approach to determining this may be an approach based on an analysis of the shape of the curve. In particular, the authors use the classification U, V, L, W-types [5]. Examples are given in Fig.1.

МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ



“V” shape example. Nikkei 225



“U” shape example. US 10-year bond yield



МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

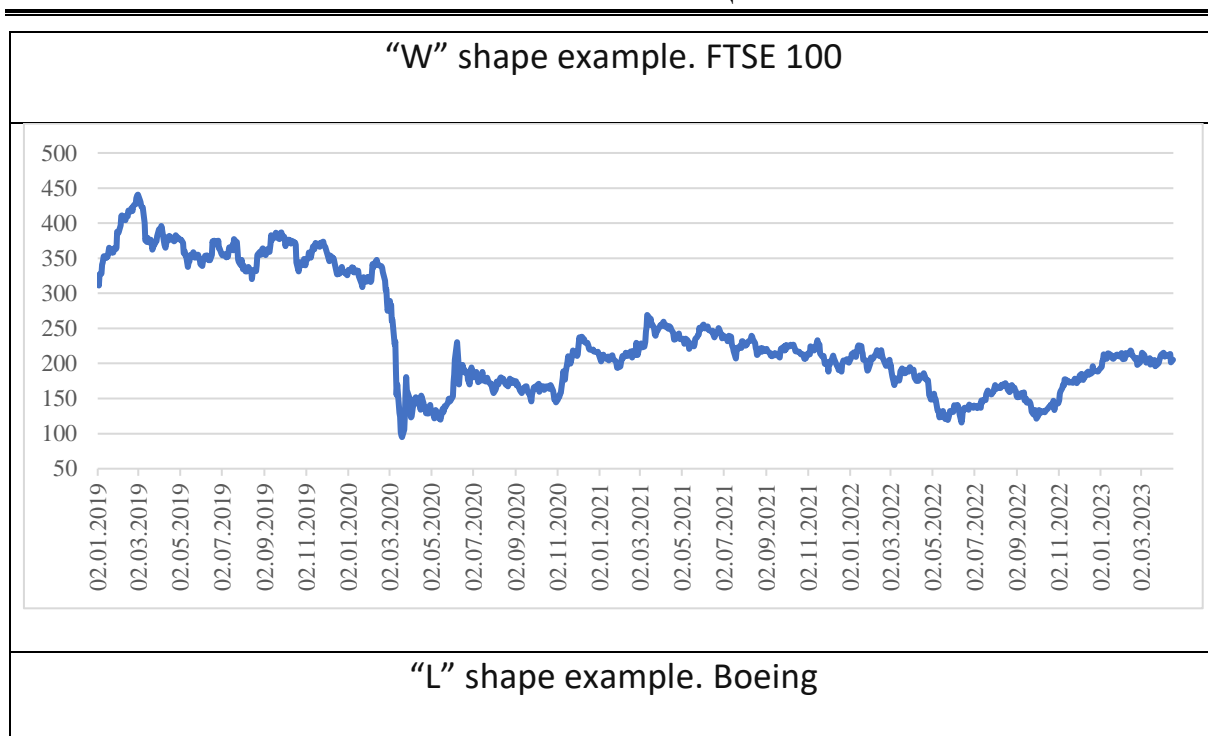


Fig. 1. Examples of curve`s shapes for transition across COVID-19 shock

However, this approach is well justified for the asset under consideration. In the case of considering a set of assets to identify generalized characteristics of shock, it is unacceptable. For some unification is needed in determining the length of the interval. In our approach, this unification is the stock index. Index of the segment to which the population belongs.

Indicators of shock

The following hypothesis was used in our research:

The appearance of shock immediately creates uncertainty for investors. This uncertainty at once affects to their behavior. Investors are beginning to actively reformat their portfolios (buy and sell stocks). The trading volumes increase.

The levels of increasing and recovering are considered as indicators of impact for different asset classes. Comparative analysis can be explored on these frameworks.

Based upon this hypothesis, we introduced into consideration two indicators. These indicators focus on changing in trading volume. They are based on

daily or weekly trading. The first indicator is "shock deepness volume" (SDV). It encompasses volume at time intervals "the event itself" and "before event"

$$SDV = \frac{\text{Average volume over shock (time interval "the event itself")}}{\text{Average volume before shock (time interval "before event")}} - 1.$$

The second indicator is "recovery rate of trading volumes" (RRV) which is defined as:

$$RRV = \frac{\text{Average volume after shock (time interval "after event")}}{\text{Average volume before shock (time interval "before event")}}$$

This indicator shows up how different is the volumes of trading after the shock from such volumes before it. Thus, our first assessment is a pair (SDV; RRV). These are dimensionless indicators. SDV shows the percentage increase in daily trading volume at the time of a shock. Since a shock is characterized by the abruptness of change, the higher value of SDV indicates more pronounced the shock. RRV ratio shows to what extent the average daily trading volume after the shock exceeds (or is already equal to) that before the shock. In other words, if it is well above 1, the recovery has not yet taken place. This indicator essentially reflects the long memory of shock affecting. Of course, it depends on the selected time interval.

Second our hypothesis concern high volatility of price through the day:

The appearance of shock provides rapid increasing in uncertainty regarding present momentum and future returns. This immediately leads to investors' hustle (or in slang "rush asunder"). This hustle rises from not understanding what needs to be done. Therefore, there is no classical equilibrium price. The change in price during the day can be very significant.

This occurrence we formalize by imposing indicator HLDD (High Low During the Day). The HLDD is calculated for each day and then averaged out period "the shock itself":

$$HLDD = \frac{\text{High price} - \text{Low price}}{0,5 * (\text{High price} + \text{Low price})} \text{ (During the Day)}.$$

This indicator integrates two effects. The first, reflected in the numerator, shows the investor`s hustle. Large fluctuations during the day increase the values. The second effect, reflected in the denominator, can show the decreasing in the

prices and influence (increase) its values. Thus, according to our approach, the higher value of HLDD corresponds with how much the shock manifests itself.

The following hypothesis in our study was:

the hypothesis of a sharp decline in share price followed by a recovery. In our research, the fall-recovery pair characterizes adapting to the "risk-return" correspondence.

For this purpose, we used indicators methodologically consistent with SDV and RRV. Only instead of trading volume it uses price. The first indicator is "shock deepness price":

$$SDP = \frac{\text{Average price over shock (time interval "the event itself")}}{\text{Average price before shock (time interval "before event")}} - 1.$$

The second indicator is "recovery rate price" (RRP) which is defined as:

$$RRP = \frac{\text{Average volume after shock (time interval "after event")}}{\text{Average volume before shock (time interval "before event")}}$$

SDP has the nature of a classical rate of return with some specifications linked to average prices. It was supposed that such an approach nihilate price volatility before the shock to before the shocking price. The logic of using such a form of RRP is to desire an estimate comparison with the before shock period, not with the "bottom price". It is necessary to note that indicators SDP and RRP were applied for COVID-19 shock for traditional assets in [7].

Alternative investments

Modern-day investments in academic community and practitioners are usually divided into two broad categories: investments into traditional assets and into alternative assets. Traditional assets include stocks, bonds and certificates of bank`s deposit. However, the definition of alternative assets is ambiguous due to their diversity and the constant emergence of new types of such assets. Today, the literature presents two main approaches to the definition of alternative assets: "by exclusion" and "by inclusion".

One approach [6] considers alternative investment assets as all assets that do not fall into the traditional category. This method of definition is broad and includes many types of investments, from real estate to art and wine collections.

Another approach [12] involves a clear enumeration of classes of alternative assets that belong to this category. But this approach is currently heterogeneous. Different authors use different approaches to the formation of classes. The number of classes may vary. At the same time, four large categories of alternative assets are most often distinguished: hedge funds, private capital, real assets (anything related to tangible assets, like real estate, commodities, metals, etc.) and structured products [11].

As of 2021, the total capitalization of alternative investment assets in the world market is estimated at 9.3 trillion US dollars (and taking into account hedge funds - 13.7 trillion US dollars). Moreover, the market of alternative investments is steadily growing. From 2015 to 2021, the market grew by 14.9% annually. Analytical group Preqin expects the market to grow at a slightly slower rate of 11.9% annually over the next five years. Including hedge funds, the global alternative assets market is expected to grow 70.7% to \$23.3 trillion by the end of 2027. [15]

Alternative investments play a significant role in the modern investment environment. One of the important areas of using alternative investments is expanding the range of investments, in particular, diversifying risk through portfolio approach. The use of alternative investments has advantages and disadvantages from the point of view of a portfolio management. The advantages include a low or negative correlation with the return of traditional investments, which helps to reduce the risk of the portfolio due to the combination of both types of investment. In addition, alternative investments can provide typically higher returns than traditional investments because their expected returns are higher than those of traditional assets.

However, this approach has its drawbacks, such as the high potential return volatility of alternative assets compared to traditional ones, low liquidity and high investment costs associated with the entry threshold.

It is precisely because of the specific behavior of these assets that shock research is interesting for them. Because it should differ from the behavior of traditional assets during shocks. This was one of the main factors of our research. The risks of alternative investments were studied in the paper [9].

ETF-based approach

The cornerstone of our methodology is using ETFs (Exchange Trade Funds) of alternative investments. At the end of March 2020, the Global ETFs (or more widely ETPs - Exchange Trade Products) industry had 7,996 ETFs/ETPs, with 16,031 listings from 450 providers on 72 exchanges in 58 countries. ETFs/ETPs listed globally gathered net inflows of \$20.44 billion during March 2020 (ETFIGI, 2020).

An ETF is an investment instrument consisting of a portfolio of stocks, bonds, commodities and other assets. These assets are collected in the fund and reflected in its shares, which can be bought and sold on the stock exchange, just like stocks. ETFs allow investors to increase the diversity of their portfolio by reducing the risks associated with investing in individual stocks. In addition, ETFs often have lower fees and expenses compared to traditional mutual funds, making them attractive to a wider range of investors.

ETFs can target various markets such as stocks, bonds, commodities, currencies and others. Some ETFs track the entire market, such as the S&P 500, which tracks the 500 largest companies in the US. Other ETFs may target a specific industry, such as technology or renewable energy companies. ETFs may also involve alternative investment assets such as real estate, hedge funds, private equity, and others.

For example, there are ETFs that invest in real estate such as commercial buildings and apartment complexes. These ETFs allow investors to generate profit from real estate without directly owning it. Other ETFs may invest into hedge funds, allowing investors to access professional capital management and reduce risk.

Alternative investment assets can be more complex and less liquid than traditional stocks and bonds, and therefore more difficult to buy and sell on the stock market. However, with the help of ETFs, investors can easily and affordably invest in these assets, reducing costs and risks.

Consequently, ETFs can be linked to alternative investment assets, helping investors to diversify their portfolios and reduce risk. ETFs can be a useful tool

for comparing different alternative assets, as they allow investors to easily understand and compare the risks and potential returns of each asset. An ETF is a tool that allows an investor to compare completely different alternative assets and choose the best option for their portfolio. It is also important to note that when comparing different alternative assets through ETFs, an investor can be sure that all assets meet certain standards and regulations, which reduces risks. ETFs can help investors compare different alternative assets and understand their risks and returns, allowing investors to make more informed decisions about their portfolio. Using ETFs of alternative assets gives the possibility to realize our research in a homogeneous environment which correctness comparably.

Our methodological approach is to build a representative sample of ETFs that represents alternative investments in the US stock market. US market was chosen as more developed, and therefore has a wide base of ETFs coverage of various types of alternative investments. Also, the US market has a sufficient history for the availability of statistics, which is important for a meaningful indicators assessment using different approaches. In addition, the sample assumes coverage of all major types of alternative investments.

Data mining for research

The verification of our scientific hypotheses was based on the technique of intelligent data analysis. To test these hypotheses, we formed a representative sample of ETFs of alternative investment assets. A database of marker data (prices and trading volumes) was established for them.

There are various data sources that provide information on the market performance of ETFs. One of the broad information resources is Financial Knowledge & Information Portal [15]. It includes a good classification of ETFs by segment and region. We also analyzed the information resource JustETF [16], which contains sufficiently complete and detailed information. We settled on ETF Database [14] after a comprehensive analysis of resources. This database was created in 2009. From our perspective, it is now the world's largest digital database

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

focused on ETFs. This database contains data on ETFs of various types, including 10 types of alternative asset classes.

The basic conditions of sample formation in our study were:

each type of alternative investment assets must be represented in the sample by at least 3 exchange trade funds;

the average daily volume with such a fund exceeds 50,000 (if this does not contradict the previous clause);

availability of weekly quotation data starting from July 30, 2018.

After applying these conditions, we obtained a database of 91 ETFs. They are divided into 10 classes of alternative assets presented in Table 1.

Table 1

Sample of alternative investments ETFs

<i>Type of alternative investments</i>	<i>Number of ETFs in sample</i>	<i>ETFs</i>
<i>Agricultural commodities</i>	6	CANE, CORN, DBA, JO, SOYB, WEAT
<i>Commodities</i>	15	BCD, BCI, BDRY, CMDY, COM, COMB, COMT, DBC, DJP, FAAR, FTGC, GCC, GSG, PDBC, USOI
<i>Precious metals</i>	18	AGQ, BAR, DBP, DBS, GLD, GLDM, GLL, GLTR, IAU, OUNZ, PALL, PPLT, SGOL, SIVR, SLV, UGL, ZSL
<i>Hedge fund</i>	6	ADME, FMF, FVC, MNA, PHDG, RLY
<i>Long-Short</i>	3	BTAL, FTLS, QAI
<i>Metals</i>	5	CPER, DBB, JJC, JIN, SLX
<i>Oil and gas</i>	10	BNO, BOIL, DBE, DBO, GAZ, KOLD, SCO, UCO, UNG, USO
<i>Real estate</i>	18	BBRE, DRN, DRV, FREL, ICF, IYR, KBWY, MORT, REK, REM, REZ, RWR, SCHH, SRS, SRVR, USRT, VNQ, XLRE
<i>Private equity</i>	4	BDCL, BIZD, PEX, PSP
<i>Global real estate</i>	6	HAUZ, IFGL, REET, RWO, RWX, VNQI
<i>Total</i>	91	

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

The data sample was directly formed using the finance.yahoo.com data resource. The price, yield and trading volume analysis was based on weekly data from July 30, 2018 to March 6, 2023 and covered 241 values for each ETF. This period covers all selected ETFs. Returns are calculated based on ETF prices quoted in US dollars.

As periods of economic shock, the periods of the beginning of the active phase of the global Covid-19 pandemic and the full-scale invasion of Russia into Ukraine were selected for analysis, as well as, respectively, the pre-shock periods that preceded them and the periods of recovery, which are listed in Table 2.

Table 2

Periods selected for analysis

	Before Shock Period	Shock Period	After Shock Period
Covid-19	30 Jul 2018 – 17 Feb 2020	24 Feb 2020 – 27 Apr 2020	5 May 2020 – 29 Nov 2021
RUW	1 Feb 2021 – 21 Feb 2022	28 Feb 2022 – 14 Mar 2022	21 Mar 2022 – 6 Mar 2023

Analysis of Covid-19 Shock

The assessments procedures were applied to indicators presented in the subsection "Indicators of shock". The results are shown in the Table 3. The obtained assessments are the basis for a comparative analysis of the reaction of alternative asset classes to the Covid-19 Shock.

Table 3

Results for Covid-19 Shock

	Agro	Commodity	Global Real Estate	Hedge Funds	Long Shorts	Metals	Oils	Prec Metals	Private Equity	Real Estate
SDP	-0.11	-0.24	-0.21	-0.07	0.02	-0.19	-0.23	0.07	-0.27	-0.16
RRP	1.09	0.97	0.92	1.11	1.02	1.25	0.61	1.28	0.97	0.88
HLDD	0.06	0.08	0.11	0.08	0.05	0.07	0.23	0.10	0.18	0.20
DV	-0.01	2.21	2.89	2.98	2.09	0.56	7.86	1.65	4.39	4.60
RRV	2.49	10.35	1.25	2.70	1.12	6.08	11.51	4.73	2.40	3.01

A graphical stratification of SDP and RRP indicators for shock associated with the Covid 19 pandemic can be seen in Fig. 2 and 3.

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ



Fig. 2. Covid-19 shock. SDP stratification (vertical axis displays SDP values)

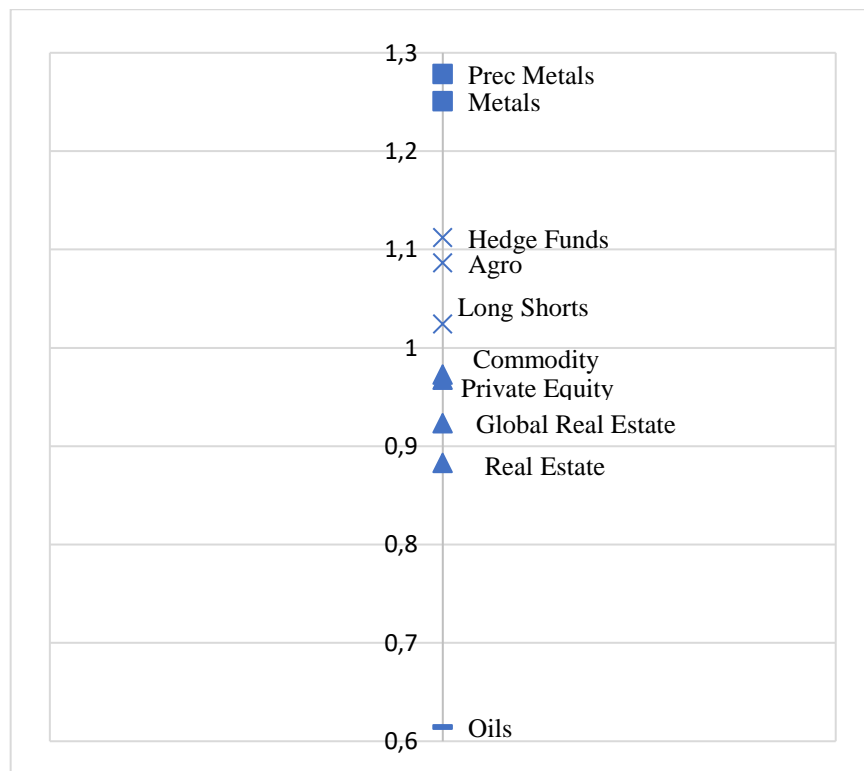


Fig. 3. Covid-19 RRP stratification (vertical axis displays RRP values)

The shock associated with the coronavirus pandemic was global in nature and affected almost all classes of alternative investment assets. ETFs related to commodities, metals, gas and oil, private equity and real estate showed the biggest price declines. Approximately the same classes were characterized by a significant increase in the ETFs volume during the shock period, which is explained by the activity of investors who tried to exclude these exchange-traded funds from their portfolios and diversify them with the help of other instruments (such as precious metals or various funds that showed much smaller price drop indicators).

Most of the classes listed above also showed quite good recovery rates, returning to the shock prices. However, several types of alternative assets have recovered significantly worse than others - primarily real estate and oil. This is due to the fact that industries closely related to them, such as transport, air transport and retail, have experienced the most significant and long-lasting effects of the consequences of the coronavirus infection. Analogous processes for private equity capital (venture investments) are associated with their high risk in any period of time, which forces investors in crisis periods to primarily refuse investments of this type.

In Fig. 4 graphically depicts the relationship between the indicators of relative growth in the number of transactions with certain classes of alternative assets during the shock period and after it.

As can be seen from Fig. 5, part of the groups of alternative investment assets did not show a significant increase in the volume of operations during the shock period and was characterized by a certain increase in this indicator during the recovery period. This class includes agricultural, metals and precious metals. The second class of alternative assets includes hedge funds, long shorts and global real estate. The volume of operations with them during the shock period increased more than 2 times, but the post-shock popularity among investors was less than that of the previous group.

The third class of alternative assets is formed from real estate and private equity. They showed approximately the same RRV as the second class, but the

volume of operations with them during the crisis was significantly higher. Commodities, which showed abnormally high popularity after the shock, and oil, the number of transactions with which increased more than 8 times during the shock period and during the recovery period, made up separate categories.

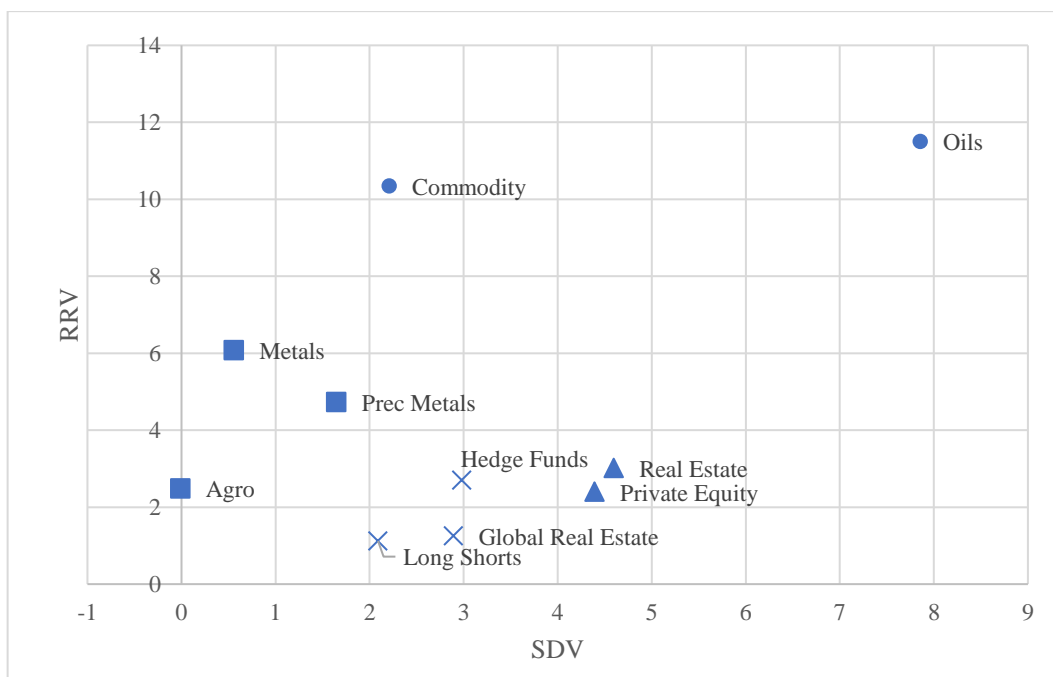


Fig. 4. SDV – RRV matrix for Covid-19 Shock

It is also worth noting that the post-crisis indicator of the k-ratio changed its sign compared to the pre-crisis value (mostly from negative values, individual categories became positive). This indicates a change in the general trend of certain groups of alternative assets – from a trend towards a decrease in profitability before the crisis to the opposite in the post-crisis period.

Shock generated by Russian invasion to Ukraine

Our approach was applied to the analysis of the shock caused by the start of the Russian-Ukrainian War (RUW). The indicators presented above were calculated and a comparative analysis was carried out between classes of alternative assets.

A graphical stratification of SDP and RRP indicators for RUW shock can be seen in Fig. 5 and 6.

Results for RUW Shock

	Agro	Commodity	Global Real Estate	Hedge Funds	Long Shorts	Metals	Oils	Prec Metals	Private Equity	Real Estate
SDP	0.23	0.16	-0.06	0.00	0.02	0.23	0.19	0.03	-0.07	-0.02
RRP	1.19	1.07	0.82	0.97	1.03	1.04	1.27	0.92	0.82	0.89
HLDD	0.09	0.10	0.04	0.04	0.03	0.14	0.19	0.07	0.05	0.05
SDV	4.75	2.40	0.34	0.98	1.20	3.33	3.14	1.94	2.47	0.55
RRV	1.73	1.58	1.14	3.13	3.28	0.84	5.40	1.57	1.19	3.09



Fig. 5. RUW shock SDP stratification
(vertical axis displays displays SDP values)

During the shock period associated with the RUW, private equity and real estate lost the most in value. Hedge funds, long shorts and precious metals did not lose in value and even showed a small growth. Oil, metals, agricultural and commodities showed significant price growth rates. As for the price change in the post-shock period, it is worth noting here the continuing upward trend in all four groups of alternative assets mentioned above.

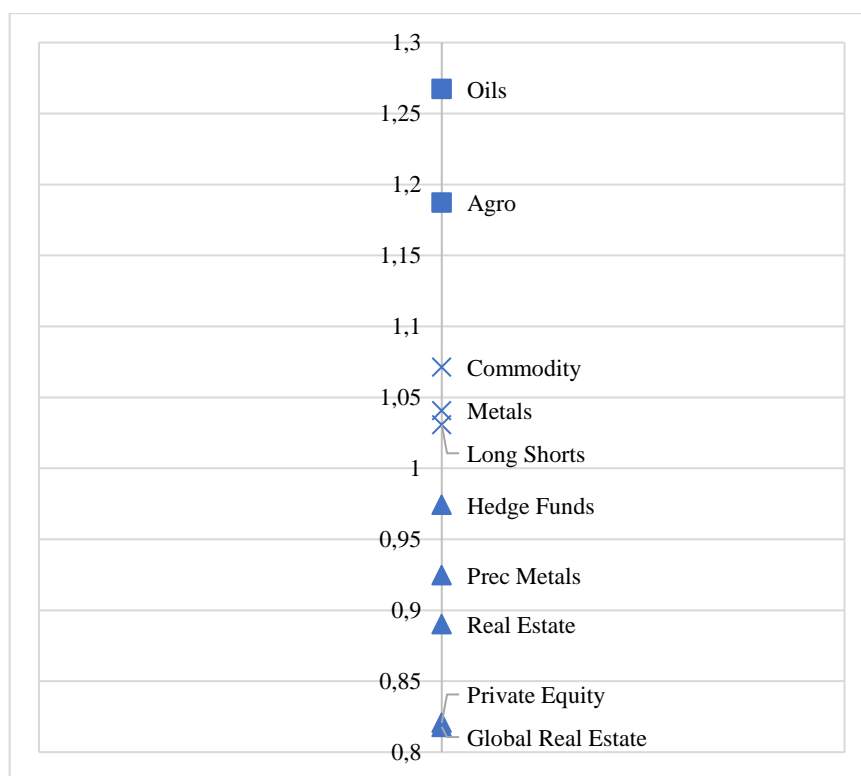


Fig. 6. RUW shock RRP stratification (vertical axis displays RRP values)

So, in contrast to the Covid-19 shock, the market reaction to the beginning of the Russian-Ukrainian war was radically different. The nature of the price shock was mostly growing (which is confirmed by the k-ratio indicator for almost all categories). To a greater extent, this applies to certain asset classes (such as agricultural, metals, oils and commodities). At the same time, there was a sharp increase of volume in these categories of alternative assets. This trend is caused by investors' expectations regarding the shortage of the main components of the war participants' exports. The reaction of other classes of alternative assets to the shock either did not occur (hedge funds, precious metals, funds with long-short) or was less significant.

Regarding the ratio of trading volumes during the shock associated with the Russian-Ukrainian war and recovery, alternative investment assets can be divided into 4 categories. This is global real estate, which has hardly reacted to it.

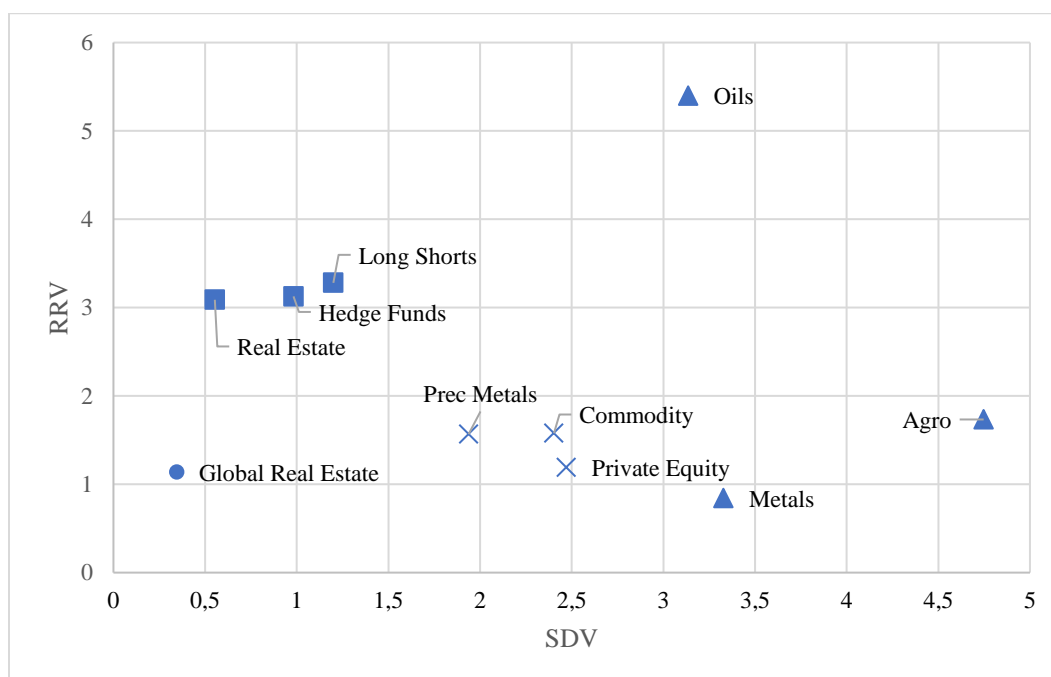


Fig. 7. SDV – RRV matrix for RUW Shock

The second class is real estate, hedge funds and long shorts, which reacted weakly to the shock in terms of trading volumes, but during the recovery period, volumes increased by more than 3 times. Volumes of trading in commodities, private equity and precious metals grew approximately equally in the shock and post-shock periods. Metals, agricultural and oil showed anomalous indicators of the growth of trading volumes during the shock period. The last group was also characterized by very significant growth during the recovery period. Most likely, this is related to the sanctions that have been applied in this industry..

Results of shock analysis

Analyzing the obtained results, several conclusions can be drawn. Alternative assets responded significantly to the studied shocks. All three our hypothesis were confirmed. The response was different across both alternative investment classes and shocks. The classes related to real estate (especially during the covid period) and various commodities, such as agricultural, metals and oil (primarily due to the shock of the war) showed the greatest reaction. The most "traditional" alternative assets – hedge funds, long shorts and precious metals - reacted the least to the shock.

The values of indicators, in particular the volumes of deals, showed that investors actively use alternative investments when forming portfolios. But shock phenomena stimulate the reformation of portfolios.

Both shocks created uncertainty for investors. But the depth of uncertainty was different. In the case of the Covid-19 shock, the uncertainty was global. In the case of the RUW shock, the uncertainty was segmental (in terms of asset classes) and geographically limited. This determined the multidirectional nature of the response to shocks. The first shock was characterized by a sharp drop in prices, and the second, on the contrary, by an increase. Because in the first case, the uncertainty of the development of the world economy dominated. And in the second – a potential shortage of commodities.

REFERENCES

1. Hyman Minsky. The Financial Instability Hypothesis. Levy Economics Institute Working Paper No. 74. May 1992.
2. Taleb, Nassim Nicholas (May 11, 2010). The Black Swan: Second Edition: The Impact of the Highly Improbable: With a new section: "On Robustness and Fragility". Random House Trade Paperbacks. ISBN 978-0812973815]
3. Версаль Н. І. Фінансові шоки в банківській системі України: теорія, практика та шляхи адаптації: монографія / Версаль Н. І.; Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. – Київ: Ямчинський О. В., 2019. – 470 с.
4. Huntington-Klein N. The Effect: An Introduction to Research Design and Causality, 1st Edition. Chapman and Hall/CRC, 2022. - 620 pages
5. Sharma D, Bouchaud JP, Gualdi S, Tarzia M, Zamponi F (2021) V-, U-, L- or W-shaped economic recovery after Covid-19: Insights from an Agent Based Model. PLOS ONE 16(3): e0247823. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247823>
6. Sokołowska E. (2014). Alternative Investments in Wealth Management. A Comprehensive Study of the Central and East European Market. Springer. P.134 [in English]
7. Kaminskyi, A., Nehrey, M. / Changing risk-return correspondence during COVID-19 turmoil: evidence from Polish Stock Market // Research on Enterprise in Modern Economy – Theory and Practice, Vol. 2 No. 33 (2021)
8. Kaminskyi, A., Baiura, D., Nehrey, M. ESG Investing Strategy Through COVID-19 Turmoil: ETF-Based Comparative Analysis of Risk-Return Correspondence. In: INTELLECTUAL ECONOMICS, 2022. No 16(2), p. 5-23
9. Kaminskyi A., Nehrey M., Butylo D. / Integrated approach for risk assessment of alternative investments. Int. J. Risk Assessment and Management, Vol. 24, Nos. 2/3/4, 2021. – pp. 156-177

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

10. Kaminskyi A., Nehrey M., Butylo D. / Risk modelling of alternative investments / Системний аналіз і моделювання процесів управління / Под ред. докт. екон. наук, проф. В.С. Пономаренко, докт. екон. наук, проф. Т.С. Клебановой, докт. екон. наук, проф. Л.С. Гурьяновой – Братислава-Харьков, ВШЭМ – ХНЭУ им. С. Кузнеца, 2020. – с. 229-245
11. Keith H. Black, Donald R. Chambers, Hossein Kazemi – CAIA Level II Advanced Core Topics in Alternative Investment, Second Edition, 2014 – 718 с.
12. Donald R. Chambers, Keith H. Black, Nelson J. Lacey - Alternative investments: A Primer for Investment Professionals. CFA Institute Research Foundation, 2017 – 183 с.
13. «finance.yahoo», [Link]: <https://finance.yahoo.com/>
14. «ETFdb.com», [Link]: [ETFdb.com](https://www.etfdb.com/)
15. «Financial Knowledge & Information Portal», [Link]: <https://fknoi.com/>
16. «Just ETF», [Link]: <https://www.justetf.com/en/>
17. Global alternatives market projected to double in size by 2027 – Prequin, [Link]: <https://www.pionline.com/alternatives/global-alternatives-market-projected-double-size-2027-preqin>

1.2. Прикладні аспекти дослідження волатильності фондового ринку

Постановка проблеми. Український фондовий ринок є основним чинником розвитку її економіки. Аналіз стану фондового ринку в Україні та світі в цілому є найбільш значущим питанням для ефективного функціонування фінансової системи, особливо якщо враховувати сучасний стан фінансових інститутів в умовах кризи [1]. Сучасний етап розвитку фондових ринків країн характеризується гармонізацією правил і норм інвестування, мінімізуються фактори перешкоджають доступу іноземних учасників на національні ринки [2]. Важливим елементом фінансової системи країни є фондовий ринок, на якому провідну роль відіграє біржовий ринок, де, як правило, здійснюється торгівля високоліквідними цінними паперами, які характеризуються високим рівнем попиту. Водночас сучасні умови вимагають від учасників фондового нових моделей організації діяльності, аналізу впливу різноманітних ризиків і побудови системи їх мінімізації. Процеси ринкової трансформації, які охопили майже всі сфери діяльності суспільства, супроводжуються суттєвими змінами економічного середовища, відповідно, змінюючи й основні проблеми сучасної вітчизняної економіки, наприклад, високі ризики в реальному і фінансовому секторі [3]. У зв'язку з цим особливого значення набуває вивчення волатильності фондового ринку України.

Стійке зростання економіки України можна досягнутий за рахунок великомасштабних внутрішніх і зовнішніх інвестицій. На даний момент відчувається гостра нестача коштів у більшості галузей української економіки. Обсяги інвестицій в Україні є недостатніми для того, щоб говорити про участь нашої країни в міжнародних інвестиційних потоках. Однак український фондовий ринок активно розвивається в останні роки, створена інфраструктура, а також активно розвивається нормативно-правова база ринку цінних паперів, тому він все більше інтегрується в глобальний інвестиційний процес [4].

З огляду на масштаби економіки, можна говорити про те, що український фондовий ринок має істотний потенціал зростання. У майбутньому він може послужити вирішенням ключових проблем: сучасного корпоративного розвитку та модернізації національного виробництва. На даний момент фондовий ринок в нашій країні, скоріше є способом перерозподілу власності, ніж механізмом розвитку економіки країни [5].

Однак, поки український фондовий ринок не виконує цю свою основну функцію, а служить в основному механізмом перерозподілу власності.

В умовах, що склалися виникає необхідність вирішення таких проблем, які тісно пов'язані між собою [6]:

- Велике значення має активне використання наукового і організаційно-правового світового досвіду та його адаптація до специфіки української економіки і фондового ринку.

- Основними причинами, які перешкоджають перетворенню ринку цінних паперів в інструмент залучення інвестицій в реальний сектор економіки країни є як незначна кількість емітентів, низька капіталізація, відсутність індивідуальних інвесторів, прагнення гравців ринку до отримання спекулятивного доходу. Слід визнати, що український фондовий ринок досяг значних успіхів, а саме став більш цивілізованим; та істотно інституціоналізованим. Однак як частина світового фондового ринку, він все ще знаходиться в стадії початкового розвитку.

- Оскільки ринок цінних паперів України інтегрується в систему міжнародного інвестування, то його подальше зростання багато в чому буде залежати від західних портфельних інвесторів.

- Український ринок цінних паперів не виконує своєї основної функції – бути джерелом фінансування інвестицій шляхом трансформації заощаджень економіки в інвестиції. До теперішнього часу фондовий ринок виконував функцію перерозподілу власності. Зараз в нашій державі спостерігається значний розрив між підйомом фінансового ринку, кількістю вільних коштів на ньому і дефіцитом вкладень в реальний сектор економіки.

Ресурси, сконцентровані на фінансовому ринку, можуть забезпечити потреби економіки, але фондовий ринок не в змозі їх повністю використовувати. У перспективі український фондовий ринок повинен зіграти ключову роль у вирішенні цієї важливої проблеми економіки. Інвестиції є основним фактором економічного зростання, що особливо актуально в зв'язку з завданням збільшення зростання ВВП.

- Серед ключових причин неефективності фінансового ринку можна виділити: високий рівень інфляції, орієнтованість економіки України на експорт сировини, високий рівень олигополізації економіки, адміністративні та податкові бар'єри. Всі перераховані вище причини істотно перешкоджають переходу коштів фінансового ринку в реальний сектор економіки і створюють високі транзакційні витрати [7].

- Перспективи західного портфельного інвестування в український фондовий ринок безпосередньо залежать від зростання його інвестиційної привабливості.

Перспективи українських інвестицій на зарубіжних фондових ринках пов'язані з інституційними реформами (пенсійної, системи страхування тощо), що проводяться в нашій країні. Всі ці реформи ставлять проблему інвестування значних коштів, які український фондовий ринок повністю акумулювати не в змозі. В результаті частина коштів буде інвестована в іноземні цінні папери. У зв'язку з лібералізацією валютного законодавства розширилися можливості інвестування коштів в іноземні цінні папери для українських громадян [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш вагомими науковими дослідженнями, які присвячені окремим аспектам функціонування фондових ринків та вивчення динаміки їхньої волатильності, є праці зарубіжних науковців, зокрема: Ф. Блек, М. Шоулс, Г. Марковіц, У. Шарп, Е. Петерс, Д. Сорнетте, Дж. Стігліц, Дж. Тобін, І. Фама. Серед вітчизняних праць особливу увагу необхідно приділити теоретико-методологічним дослідженням І. Бланка, З. Ватаманюка, Л. Примостки, О. Сохацької, В. Галіцина, О. Сулова, В. Вітлінського, Н. Максишко, В. Соловйова, Н.

Костіна, Ю. Лисенко, І. Огірко, В. Порохні, С. Рамазанова, Л. Сергєєва, В. Юринця, О. Ястремського та інших.

Постановка цілей. Волатильність – це міра невизначеності ринку. Рівень волатильності можна оцінювати по-різному. Найпростіший спосіб оцінки – на підставі ретроспективних даних – має очевидний недолік – запізнювання. У зв'язку з цим більш затребуваною є ринкова волатильність – оцінка поточних коливань і очікувань учасників фінансового ринку, а саме учасників ринку опціонів [3].

В основі розрахунку ринкової волатильності лежить наступна закономірність – розмір опціонної премії безпосередньо залежить від поточної волатильності ринку. чим сильніші коливання на ринку, тим більший ризик продавця опціону, а значить більше розмір плати за даний ризик – опціонної премії. Залежність розміру опціонної премії від рівня волатильності описується різними теоретичними моделями. Найбільш популярний підхід Блека-Шоулза [4].

Згідно з [5] волатильність – це рівень коливань вартості фінансового інструменту залежно від коливань ринку. Чим сильніше відхилення ціни активу від середнього значення, тим вищим є рівень ризику цього активу. Це одна з гіпотез теорії оптимального інвестиційного портфеля, який пов'язав високу волатильність з непередбачуваністю поведінки ціни, а, отже, і з підвищеним ризиком. Зі зростанням ціни акцій багато гравців намагаються підхопити тренд і таким чином надають йому ще більший імпульс у розвитку. Це може продовжуватися до тих пір, поки не вичерпується потік зацікавлених осіб, після чого динаміка ціни може змінитися на протилежну.

Серед таких гравців багато тих, які не задаються питанням щодо реальної вартості активів. У прагненні заробити вони намагаються вгадати настрої натовпу і плывуть за течією. Інші учасники фондового ринку купують цінні папери осмислено, маючи чітке уявлення про вартість активу і план заробітку на інвестуванні коштів в такий бізнес. Деякі купівельно спроможні інвестори, не бажаючи провокувати серйозні коливання на ринку, ку-

пують значні пакети акцій за фіксованою ціною. Логіка поведінки цих інвесторів дозволяє зробити наступний важливий висновок: при здійсненні операцій з цінними паперами слід орієнтуватися, перш за все, на вартість бізнесу, а поведінку натовпу використовувати у власних інтересах. Звідси випливає, що чим більше людей роблять осмислені угоди, що ґрунтуються на вартості та економічних показниках бізнесу, тим нижчою буде волатильність, оскільки у решти гравців буде менше можливостей порушувати стабільність ринку.

Будь-яке інвестиційне рішення – це ставка на невідоме майбутнє, а рух цін є тією змінною, для якої будуються прогнози. Всі інвестори займаються прогнозуванням волатильності і тому шукають методи її оцінки. Одним з найбільш ефективних таких методів є динамічна модель зміни волатильності американського економіста Роберта Енгла [6], яка була ним розроблена в 1982 році. Модель базується на ідеї про те, що більшість часових рядів у макроекономіці мають у своїй основі стохастичний (ймовірнісний) тренд. Саме тому короточасні відхилення можуть мати довгострокові наслідки. Цей висновок має суттєве практичне значення для довгострокового прогнозування, оскільки інвестори та фінансові установи мають потребу у прогнозних оцінках волатильності на тиждень, місяць, рік, тощо. Хоча реальна волатильність є змінною величиною, економісти довгий час використовували тільки такі статистичні методи, що ґрунтувались на передумові про її усталеність. Статистичні моделі дохідностей активів можуть пояснити тільки їхні незначні щоденні зміни. Більша частина волатильності, таким чином, потрапляє у випадкову помилку або, інакше кажучи, у помилку прогнозу за моделлю.

Виклад основного матеріалу. У стандартних статистичних моделях вважається, що очікувана дисперсія випадкової помилки не змінюється в часі. Відповідно, вони не відображають значних коливань цін та дохідностей активу.

Властива ринку невизначеність, що вимірюється варіаціями або коваріаціями, змінюється в часі. Вивчення цих змін набули систематичного

характеру і стало можливим лише з появою моделей авторегресійної умовної гетероскедастичності (AutoRegressive Conditionally Heteroskedastic, ARCH). Основна ідея яких полягає у відмінності між умовними і безумовними моментами другого порядку. Тоді як безумовні варіації і коваріації сталі, умовні моменти нетривіально залежать від минулих станів світу і розвиваються в часі. Натомість Р. Енгл припустив, що дисперсія випадкової помилки в деякій статистичній моделі в певний період часу систематично залежить від раніше реалізованих випадкових помилок. У технічних термінах це означає, що випадкова змінна характеризується авторегресивною умовною гетероскедастичністю. Тому його підхід одержав скорочену назву ARCH.

Вперше модель ARCH була використана Р. Енглом для вивчення волатильності інфляції [5]. Але найбільш ефективним стало застосування даної моделі на фінансовому ринку, де діяльність економічних суб'єктів спрямована на управління різними типами ризиків та їхню оцінку. Інвестори порівнюють очікувані доходи від активу та ризик. Банки та інші фінансові установи хотіли б мати гарантію того, що вартість їхніх активів не впаде нижче певного мінімального рівня, який би загрожував платоспроможності банку. Подібні оцінки не можуть бути зроблені без вимірювання волатильності дохідності фінансових активів.

На основі моделі Р. Енгла можна зробити висновок щодо того, наскільки виправданим є ризик капітальних вкладень в умовах тих чи інших ринкових коливань. Якщо на ринку спостерігаються сильні коливання, то це створює значні загрози ризику навіть капіталів банків. Тому банки використовують модель змінної в часі волатильності з метою кількісного урахування того, яку частку їхніх активів доцільно вкласти в ті або інші фінансові інструменти, щоб ризик був незначним.

Відкритий Р. Енглом метод аналізу економічних часових рядів дозволив значно достовірніше прогнозувати тенденції зміни ВВП, споживчих цін, процентних ставок, біржового курсу та інших економічних показників не

тільки на найближчий день чи тиждень, а й навіть на рік вперед. Так як регулятори фінансового ринку вимагають від кредитних установ застосування індикаторів вартості, що піддаються ризику, під час контролю необхідного капіталу, то застосування моделі ARCH стає обов'язковим (необхідним) інструментом для оцінки ризику у фінансовому секторі.

Модель змінної в часі волатильності або ARCH-модель використовується переважно для оцінки вартості ризиків портфельних інвестицій. Наприклад, розрахунок майбутньої волатильності відіграє значну роль у визначенні цін на опціони та інші фінансові деривативи. Сьогодні найбільш адаптованою моделлю для обрахунку вартості портфеля цінних паперів, що піддається ризику, та змінної волатильності є модель GARCH, що була розроблена Р. Енглом у 1986 році спільно із Т. Боллерслевом [7]. Це узагальнена авторегресійна модель гетероскедастичності, яка передбачає, що на поточну динаміку волатильності впливають як попередні зміни показників, так і попередні оцінки дисперсії, тобто так звані «старі новини» ринку. Крім цього, існують різні модифікації GARCH-моделей, такі, як AGARCH, EGARCH тощо, які застосовуються у різних специфічних умовах. Наприклад, AGARCH або асиметрична GARCH-модель використовується для вимірювання динаміки дисперсії у періоди підйому або спаду на фінансових ринках [8].

На противагу більшості економічних явищ, специфіка функціонування фінансових ринків дозволяє реєстрування біржових курсів та цін інших фінансових інструментів з незвично високою частотою. Найвищий її рівень стосується даних денних, годинних, хвилинних і навіть поточних даних, які появляються в інформаційних системах.

Стан розвитку фондового ринку, умови та ефективність перерозподілу фінансових ресурсів багато в чому відображаються у відповідних фондових індексах, які являють собою агрегований показник змін у певних економічних подіях на цьому сегменті ринку. До того ж, щоб прогнозувати динаміку фондових ринків, потрібно чітко, на кількісному рівні знати

відповідні тенденції. Це знов-таки знаходить певне відображення у динаміці фондових індексів та визначає їх множинність [9].

На ринку обертаються різні категорії опціонів – з різними датами експірації, різними страйками (прогнозованої вартістю базового активу), опціони Call і Put (на покупку або на продаж базового активу). Всі вони характеризуються різним рівнем ризику. У свою чергу, волатильність, відповідна різним категоріям опціонів, також істотно різниться. Як правило, волатильність мінімальна для опціонів з ціною виконання близькою поточною ціною базового активу, а при видаленні від центрального страйку вона зростає [9]. Завдяки своїй формі залежність волатильності від вартості базового активу (профіль волатильності) отримала назву «усмішка волатильності» (рис. 1).

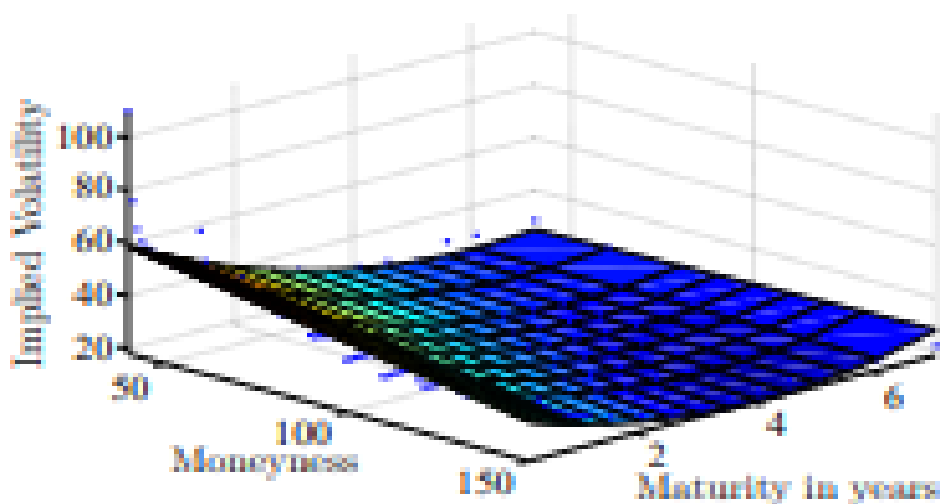


Рис. 1. Поверхня волатильності опціонів на ф'ючерсний контракт на S&P500 в 2021 році.

Профіль волатильності з урахуванням часової структури опціонів є поверхнею волатильності. Алгоритм розрахунку індексу волатильності, що визначається на підставі даних про підсумки торгів опціонами на S&P500, є зведення різних оцінок волатильності, які надають різні категорії опціонів, в єдиний індикатор, що характеризує рівень коливань на ринку. Геометрично даний процес можна уявити стисненням поверхні волатильності в одну точку [10].

Одержані значення волатильності дають можливість робити аналіз тривалості процесу на фондовому ринку, робити корекцію і конкретні кроки для покращення ситуації щодо оптимізації фінансових стратегій як учасників ринку так і в цілому економічних агентів.

Великою популярністю серед зарубіжних інвесторів користуються похідні інструменти на індикатори волатильності. Подібні інструменти дозволяють хеджувати ризики, пов'язані з посиленням коливань на фондових ринках, а за рахунок від'ємної кореляції з фондовими індексами підсилюють вигоду від диверсифікації вкладень, якщо вони входять в інвестиційний портфель, особливо на ринку який має спадну тенденцію. Досліджені в роботі моделі, дозволяють провести аналіз тривалості процесів ціноутворення на фондовому ринку. Коректувати ситуацію та робити конкретні кроки для оптимізації фінансових стратегій. Розроблена стратегія управління процесами ціноутворення, зокрема управління динамікою ціни базового активу та його волатильності, ціни індексів, акцій, опціонів, величиною фінансових потоків.

Аналіз поточної ситуації в макроекономіці може захистити інвесторів від надмірних коротких стрибків волатильності. Згідно цього твердження менеджерам фондів варто почати вибудовувати стратегії по скороченню ризику.

Висновки. Для вирішення існуючих проблем Українського фондового ринку необхідно розвивати нові методи підвищення надійності ринку, а саме за рахунок підвищення вимог до фінансових показників діяльності компаній. Для відповідності світовим стандартам, в Україна повинна повноцінно реформувати систему професійної відповідальності учасників ринку та розвинути систему незалежних рейтингових агентств.

Подальшим кроком у розвитку індикаторів волатильності є створення нових похідних інструментів, тобто інвестори також отримають можливість хеджувати ризики, пов'язані з ростом коливань на фінансових ринках, і отримувати додатковий прибуток за рахунок підвищення ефективності управління портфелем.

Перспективи подальших досліджень. Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є вдосконалення дослідження фондового ринку для створення сприятливого інвестиційного клімату та здійснення прогнозування розвитку фондового ринку для покращення стану та позитивної динаміки ринку цінних паперів України.

Також необхідно продовжувати вдосконалення підходів до дослідження волатильності та поширення результатів статті на випадки, коли волатильність залежить від багатьох чинників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hull J. C. (2000) *Options, Futures and Other Derivatives*. Prentice Hall.
2. Daglish T., Hull J. & Suo W. (2007) *Volatility Surfaces: Theory, Rules of Thumb, and Empirical Evidence* // *Quantitative Finance*. Vol. 7, No. 5. P. 507–524.
3. Jackwerth J. & Rubenstein M. (1996) *Recovering Probability Distributions from Option Prices* // *Journal of finance*, Vol. 51 No. 5.
4. Black F. & Scholes M. (1973) *The Pricing of Options and Corporate Liabilities* // *Journal of Political Economy*, 81, 637–654
5. Ross S. (1989) *Information and volatility: the no-arbitrage martingale approach to timing and resolution irrelevancy* // *Journal of Finance*, vol. 44, No. 1, p. 1–17.
6. Kendall M. (1953) *The analysis of economic time series: Part I, Prices* // *J. Royal Statist. Soc.*, vol. 96, p. 11–25.
7. Dupire B. (2005) *Pricing with a smile* // *Risk* Vol. 7, P. 18–20.
8. Brigo D. & Mercurio F. (2006) *Dynamics and Calibration to Market Volatility Smiles* // *International Journal of Theoretical & Applied Finance*. Vol. 5(4). P. 427–446.
9. Fouque J-P., Papanicolaou G. & Sircar K. R. (2000) *Derivatives in Financial Markets with Stochastic Volatility*, Cambridge University Press.
10. Alentorn A. (2004) *Modelling the implied volatility surface: an empirical study for FTSE options*.

1.3. Аналіз валютного курсу за допомогою нейронних мереж

Постановка проблеми. В наш час застосування інформаційних технологій на фінансових ринках є особливо актуальним, оскільки традиційні, які вже стали класичними, підходи були розроблені щодо опису для стабільного, повільно еволюціонуючого і радикально-динамічного змінюваного світу, світу – який все ще не сильно відхилився стану рівноваги. За своєю суттю ці методи та підходи не були призначені для опису та моделювання швидких змін, непередбачуваних стрибків та складних взаємодій окремих складових сучасного світового ринкового процесу. Щодня відбуваються мільярди безготівкових фінансових транзакцій, тому інформаційні технології ідеально підходять для того, як налаштовані фінансові системи. Програмні засоби та комп'ютерні системи, що існують для автоматизації, створюють величезне значення для використання інформаційних технологій у фінансах. Передбачати динаміку фондового ринку досить зручно за допомогою різних комп'ютерних програм.

Фондовий ринок в Україні він не є сильно розвиненим, а перебуває на етапі формування. Однією з причин цього відносно короткий термін існування фондового ринку. Величезні зусилля держави мають бути спрямовані на підвищення довіри у інвесторів до української економіки. Одним із важливих завдань на шляху стабілізації фондового ринку України є залучення приватних осіб для інвестування у підприємства та великі компанії нашої країни. Для інвесторів особливо необхідним та актуальним є можливість прогнозування ситуації на ринку цінних паперів. [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фундаментальні основи дослідження функціонування фондового ринку знайшли своє відображення в роботах зарубіжних та вітчизняних вчених [1-3]. Наразі вітчизняний фондовий ринок суттєво відстає від більшості європейських країн в своєму розвитку, а сегмент похідних фінансових інструментів є незначним, що обумовлено низьким рівнем прозорості операцій, недосконалістю законодавчої бази, низьким рівнем довіри з боку населення та захисту прав інвесторів.

Крім того, на даний час розроблено багато підходів, які описують динаміку фондового ринку. Це відображено в працях [4-5]. Перші роботи в цьому напрямку зробили [6] сконцентрували увагу що методики оцінки валютних курсів [6]. Можливості прогнозування ціноутворення інструментів фондового ринку стали предметом досліджень [7-8].

Ситуація на фондовому ринку України постійно змінюється під впливом глобалізаційних процесів, що відбуваються на зовнішніх фінансових ринках, внутрішньої перманентної фінансової та політичної кризи, нестабільної економічної ситуації, тощо. Тому, незважаючи на значний вклад у розроблення проблематики функціонування фондового ринку, такі зміни зумовлюють об'єктивну необхідність постійного пошуку нових підходів до прогнозування динаміки фондового ринку.

Постановка цілей

Незважаючи на значну кількість досліджень у даному напрямку, необхідно виділити метод застосування мови програмування Python до аналізу фондового ринку, а саме до дослідження динаміки курсу української валюти, яка дозволить зробити висновок щодо ринку в цілому. Для ознайомлення та аналізу з фінансовими даними застосовують дослідницький аналіз даних (EDA). Це підхід до узагальнення, візуалізації та глибокого ознайомлення з важливими характеристиками набору даних [9].

Дослідницький аналіз даних є важливим методом, оскільки дозволяє бути більш впевненим в тому, що майбутні результати будуть дійсними, правильно інтерпретованими та застосовними до бажаних бізнес-контекстів. Такого рівня впевненості можна досягти лише після оцінки необроблених даних і перевірки на наявність аномалій, що гарантує, що набір даних був зібраний без помилок. EDA також допомагає знайти ідеї, які не були очевидними або варті того, щоб їх досліджували зацікавлені представники сфери бізнесу та аналітики даних, але можуть бути дуже інформативними про певну справу. Аналітик перевіряє припущення та визначає закономірності, які дозволять зрозуміти проблему та зробити вибір моделі

нейромережі. Таким чином, перевіряється розподіл значень кожного поля, визначається кількість відсутніх значень і знаходять можливі шляхи їх заміни. Крім цього, можна використати методи статистики та фінансового аналізу.

Метою статті є вивчення застосування інформаційних технологій, зокрема мови програмування Python до аналізу фондового ринку, а зокрема валютного ринку. Для цього потрібно розібратися з колом конкретних питань: ознайомитися з історичними даними курсу гривні; зробити дослідницький аналіз; переглянути основні моменти пов'язані з побудовою нейронних мереж та здійснити модель прогнозування фінансових часових рядів з їх допомогою..

Виклад основного матеріалу. Перейдемо до безпосереднього аналізу курсу національної валюти. Програма Python має готові інструменти для подальшого дослідження фінансових даних. Валютний курс визначають за допомогою певного механізму, який має назву котируванням. У нашому випадку він буде зворотній, оскільки вартість одиниці нашої національної валюти виражається в іноземній, а саме доллара. При цьому, сума в національній валюті буде дорівнювати сумі в іноземній валюті, що поділена на курс іноземної валюти. Курс купівлі буде більшим курсу продажу. Python – це інтерпретована об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня зі строгою динамічною типізацією. Станом на осінь 2022 року вона займає перше місце у популярності серед програмістів, а отже має широку спільноту.

Спочатку нам слід завантажити історичні дані гривні курсу купівлі. Це можемо зробити за допомогою бібліотеки `yfinance`, співзвучне з назвою сайту, з якого ми отримаємо датасет. Ми аналізуємо дані з 01.01.2016 р. по 23.02. 2022 р. до початку війни в Україні, тому що прогноз підчас військових дій не може бути повністю точний. Дані представлені у так званих датафреймах, певному програмному інтерфейсі з рядками і стовпцями, заповненими даними. Для подальших дій потрібно імпортувати бібліотеки `pandas`, `matplotlib` та `seaborn`. `Pandas` – для маніпуляції з

МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

даними, а інші для візуалізації. За допомогою функції `shape()` перевіriamo розмірність датасету, а просумувавши значення `isna()` дізнаємось чи є пропущені дані. Також за допомогою функції `describe()` можна дізнатись загальні статистичні показники наших валютних даних, а саме: кількість значень, середнє, середнє квадратичне, мінімальне, максимальне та квантилі. Наступним кроком буде візуальне представлення кожної колонки в залежності від дати спостереження.

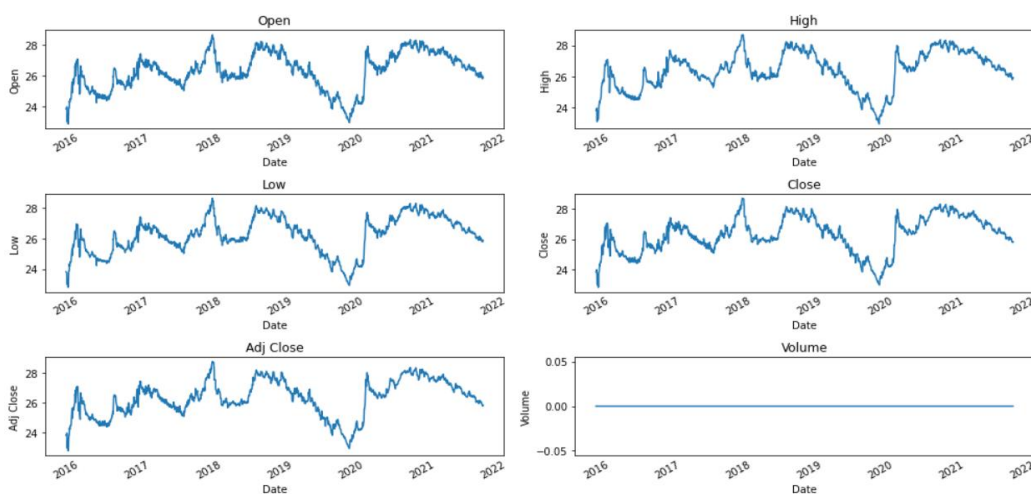


Рис. 1. Візуалізація курсу гривні

Далі за допомогою ковзних середніх можна визначити певний тренд курсу валюти.

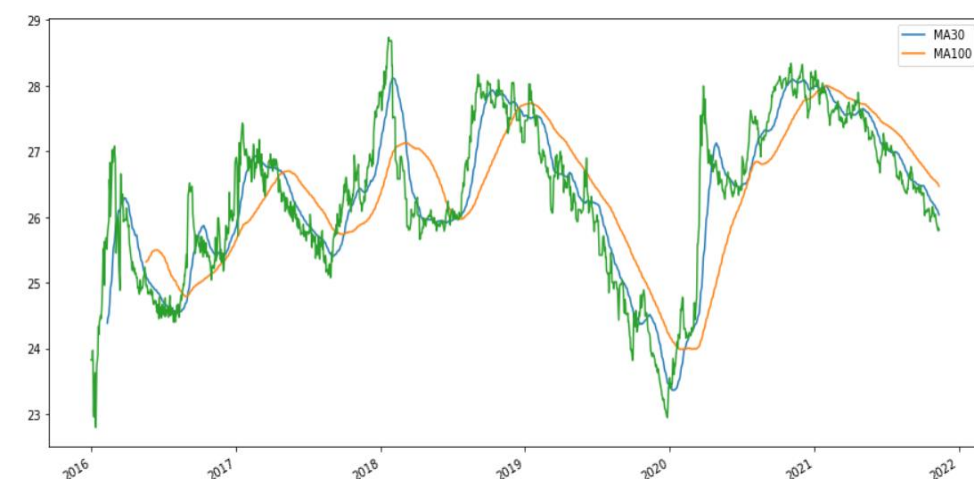


Рис. 2. Визначення тренду за допомогою ковзних середніх

Можна простежити загальновідому закономірність про те, що коли крива з меншим періодом знаходиться вище більшого, то тренд висхідний і навпаки.

Цей графік також дає можливість побачити певну сезонність, а саме: на початку кожного року курс долара росте та досягає певного максимуму та вже до літа сильно спадає. Винятком є 2020 рік, бо через коронавірусні обмеження українська економіка постраждала. Проілюструємо це на графіку.

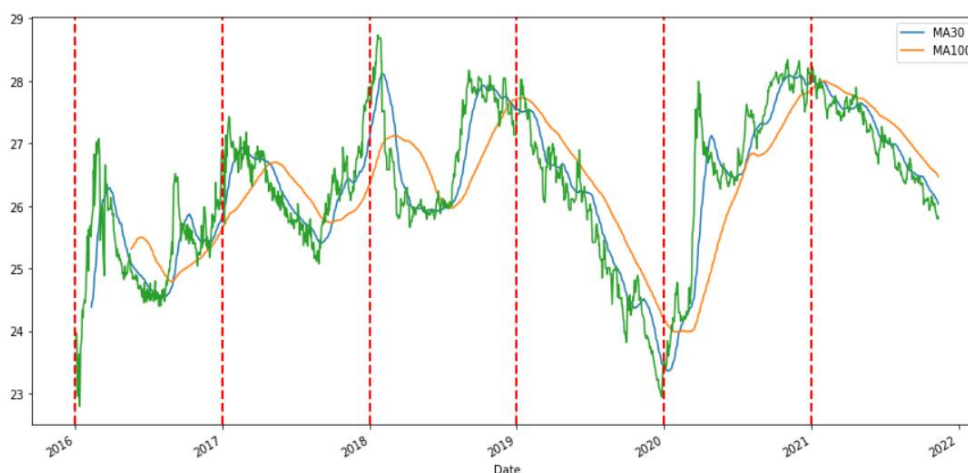


Рис. 3. Сезонність курсу валюты

За допомогою візуального сприйняття і не тільки, можна перевірити нормальність розподілу цін, стаціонарність часових фінансових рядів тощо.

Усі види цін сильно взаємопов'язані між собою, тому не тільки ціна закриття не відповідає нормальному розподілу, а й інші. Для того, щоб краще це зрозуміти, потрібно візуалізувати з допомогою діаграми розсіювання. Як видно з рис. 4, кореляція усюди є додатною та лінійною, отже зміна одного з факторів прямопропорційно впливає на зміну інших факторів. Також у нас є можливість порахувати волатильність гривні.

Волатильність – це статистичний показник дисперсії прибутку для даного цінного паперу, валюты або ринкового індексу. У більшості випадків, чим вище волатильність, тим ризикованіший є фінансовий інструмент. Волатильність часто вимірюється як стандартне відхилення, або дисперсія між прибутковістю від того самого цінного паперу, валюты чи ринкового ін-

МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

дексу. На фінансових ринках волатильність часто пов'язана з великими коливаннями в будь-якому напрямку. Наприклад, коли фондовий ринок зростає і спадає більш ніж на один відсоток протягом тривалого періоду часу, це називається «нестабільним» ринком. Також ми можемо це все візуалізувати.

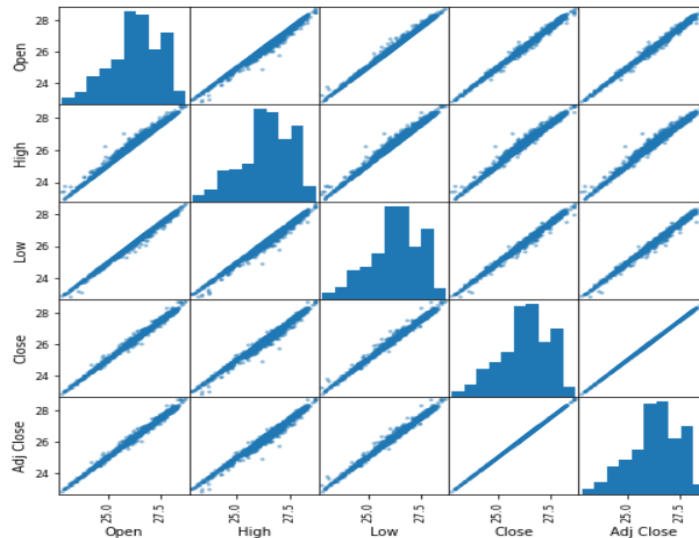


Рис. 4. Діаграма кореляції цін

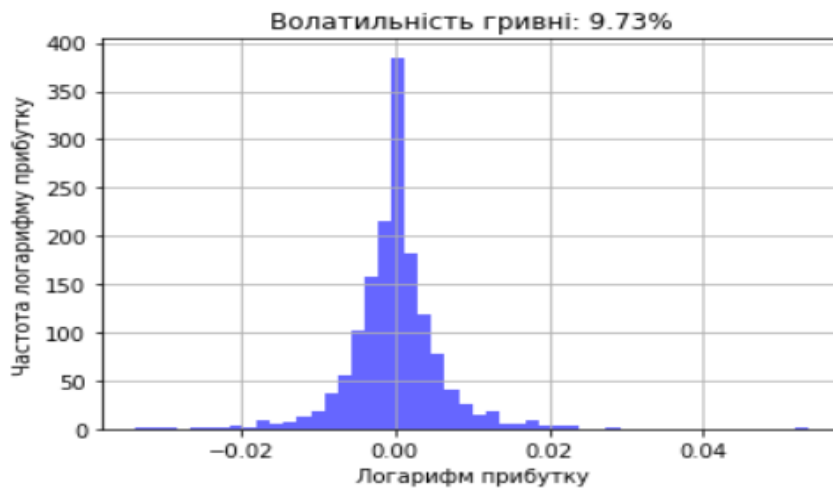


Рис. 5. Гістограма волатильності

Волатильність гривні становить 9,73% у річному вимірі.

Провівши аналіз історичних даних курсу гривні щодо долара, можемо використати неймережі для прогнозування майбутнього курсу.

На сьогоднішній час розроблено багато різних нейромережних моделей. Мережа дуже схожа на статистичний метод, такий як регресійний аналіз.

Навчання нейронних мереж зосереджено на наступних об'єктах:

- шарах, які об'єднуються у мережу (або модель);
- вихідних даних та відповідних їм цілях;
- функції втрат, яка визначає сигнал зворотного зв'язку, що використовується для навчання;
- оптимізатор, який визначає, як відбувається навчання.

Шар складається з невеликих окремих одиниць, які називаються нейронами. «Нейрон» у нейронній мережі — це математична функція, яка збирає та класифікує інформацію відповідно до певної архітектури. Він є її основою. Для роботи зі штучними нейронними мережами Python містить багато спеціальних інструментів. Одним із таких є бібліотеки NumPy і Keras.

Потрібно розділити набір даних на тренувальний та тестовий. На першому нейромережа буде навчатися, а на іншому випробовувати свої здібності. Зробимо це у співвідношенні 80/20.

Тепер розберемося з іншими параметрами:

- Epochs – кількість разів, скільки мережа пройшла весь набір даних, щоб навчитись.

- Batch_size – загальна кількість зразків, присутніх в одному батчі. Ми не можемо передати весь набір даних в нейронну мережу відразу. Отже, ми ділите набір даних на кількість батчів, наборів чи частин.

- Early_stop – функція, яка запиняє процес навчання, коли втрати не покращуються протягом певної кількості епох, у нашому випадку 5. Це допомагає боротись з перенавчанням, коли модель просто «зазубрює», а не справді вчиться передбачати.

- Validation_data – частина навчальних даних, які будуть використані як дані перевірки. Модель виділить цю частину навчальних даних, не буде

МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

тренуватися на ній і оцінити втрати моделі на цих даних в кінці кожної епохи. Ми помістили туди тестовий набір.

Тепер розпочнемо процес навчання. Він виглядає так:



Рис. 6. Процес навчання мережі

Після того як процес навчання закінчився, ми можемо візуалізувати втрати моделі, в залежності від епох.

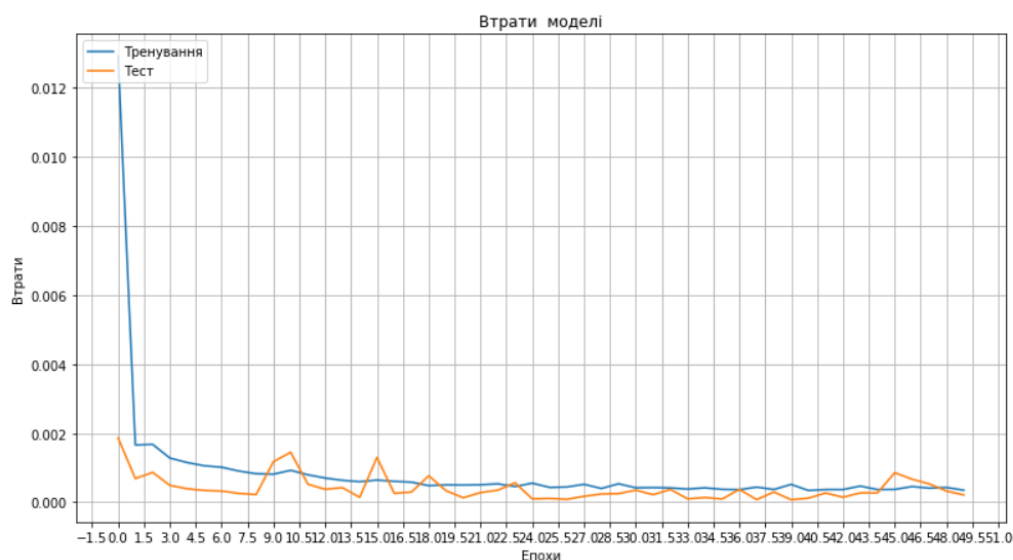


Рис. 7. Втрати моделі

Втрати швидко знижуються до нижнього плато, що сигналізує про те, що модель покращувалася протягом усього навчального процесу. Проте, найважливіша частина відбувалась протягом перших декількох епох, а потім залишалась майже незмінною.

Однією з особливостей буде те, що ми можемо задати те, скільки спостережень будуть впливати на передбачений результат. У нашому випадку це буде 50. Називатимемо це часовим кроком. Тобто вони впливатимуть на 51 значення. Потім все буде зміщуватись на одне значення вперед. Наведемо графік наших тестових та прогнозних даних.



Рис. 8. Графік прогнозованих та реальних значень

Реальні значення позначено чорним, а прогнозовані рожевим. Як видно з рисунку вони майже співпадають, що дозволяє робити прогнози високої точності. Провівши аналіз та здійснивши прогноз валютного курсу, можемо з упевненістю сказати, що інформаційні технології мають значне застосування у фінансовій сфері. До того ж, потенціал для розвитку ще далеко не досягнутий у самій інформаційній індустрії, а імплементування у економічну галузь потребує певного часу. Усе це створює багато можливостей для подальшого розвитку.

Висновки. В результаті проведеного аналізу можна відзначити, що інформаційні технології мають велике застосування у фінансовій сфері діяльності. Доведено ефективність застосування інформаційних технологій для аналізу даних та здатність нейронних мереж до однієї з найбільш затребуваної задачі фінансової діяльності – прогнозування майбутньої вартості різних інструментів. Можна стверджувати, що найкращий результат дає поєднання інформаційних технологій з експертними системами це дозволяє звести до мінімуму спекулятивні зміни в ціноутворенні, здійснювати аналіз проходження процесів на фондовому ринку та робити конкретні кроки для покращення ситуації щодо оптимізації фінансових стратегій.

Щодо перспектив подальшого розвитку, варто звернути увагу на те, що потенціал для розвитку ще не досягнутий у самій інформаційній індустрії, а імплементація у економічні галузі потребує певного часу.

Перспективи подальших досліджень. Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є дослідження динаміки ринку для створення сприятливого інвестиційного клімату для покращення ситуації щодо оптимізації фінансових стратегій.

Щодо перспектив подальшого розвитку, варто звернути увагу на те, що потенціал для розвитку ще не досягнутий у самій інформаційній індустрії, а імплементація у економічні галузі потребує певного часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Burtnyak, I.V., Malyska, A. Taylor expansion for derivative securities pricing as a precondition for strategic market decisions. *Problems and Perspectives in Management*. – 2018. – № 16(1). – P. 224-231.
2. Burtnyak, I.V. Malyska A. Application of the spectral theory and perturbation theory to the study of Ornstein-Uhlenbesck processes. *Carpathian Math. Publ.* – 2018. – № 10 (2), – P. 273–287.
3. Fouque, J-P., Papanicolaou, G., and Sircar R. *Derivatives in Financial Markets with Stochastic Volatility*, Cambridge University Press. – 2000. – № 3, – P. 210–222.
4. Gatheral, J. *The Volatility Surface: Practitioner’s Guide*, John Wiley and Sons, Inc. – 2006. – № 5, – P. 93–98
5. Goldstein, R.S. and Keirstead, W.P. On the Term Structure of Interest Rates in the Presence of Reflecting and Absorbing Boundaries, *SSRN eLibrary*, – 2000. –P. 381–395.
6. Lewis, A., 1997. Applications of Eigenfunction Expansions in Continuous-time Finance, *Mathematical Finance*. – 1997. – № 8. P. 349–383.
7. Pelsser, A., 2000. Pricing Double Barrier Options Using Laplace Transforms, *Finance and Stochastics*. – 2000. – № 4. – P. 95–104.
8. Thomas E. Copeland and Philip T. Keenan *Corporate finance: How much is flexibility worth?* // *The McKinsey quarterly*. – 1998. – № 2. – P. 45.
9. Trigeorgis L., Mason S. *Valuing Managerial Flexibility*//*Midland Corporate Finance Journal*. – 1987. – Vol. 5. – № 1. – P. 14–21.

1.4. Моделювання тривалості клієнтської активності в банку з використанням регресійної моделі виживання Вейбулла

Вступ

Однією з основних проблем роздрібного банківського обслуговування є утримання клієнтів. З посиленням конкуренції клієнти, які є часто мотивованими ціною послуг, готові з легкістю змінити банк, щоб отримати вигідніші умови. Це особливо правдиво у випадку автокредитування, де клієнти найчастіше мотивовані низькими процентними ставками. Таким чином, банк, який запропонував найнижчу ціну, отримує клієнтів, але водночас має майже нульовий прибуток від видачі автокредитів. За цією моделлю залучення клієнтів банк розраховує отримати прибуток від інших клієнтських активностей, таких як операції з карткою чи поточними рахунками. Після погашення автокредиту багато клієнтів закривають рахунки і залишають банк, не приносячи банку достатнього доходу. У цьому контексті важливо визначити фактори, що впливають на рівень утримання клієнтів, та розробити стратегії для його підвищення.

У банківській сфері «виживання» клієнтів має велике значення для довгострокової прибутковості. Банки використовують різні методи для утримання клієнтів та збільшення їхньої життєвої цінності, наприклад, пропонуючи персоналізовані послуги та конкурентоспроможні ціни, покращуючи якість обслуговування. Проте виявлення чинників, які впливають на «виживання» клієнтів, залишається складним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В останні роки все більшої популярності набуває аналіз виживання. Аналіз виживання – це статистичний інструмент, який можна використовувати для оцінки часу до настання події-інтересу, такої як смерть, банкрутство чи закриття клієнта. У банківській справі аналіз виживання можна використовувати для аналізу поведінки клієнтів та визначення чинників, які впливають на їх утримання. Хоча він широко використовується в медичних

дослідженнях [1], його застосування в інших областях, таких як рітейл та банківська справа, останніми роками все частіше привертає увагу дослідників.

Зокрема, аналіз виживання використовувався у банківській сфері, переважно, для моделювання кредитного ризику [2], [3] та оцінки факторів, що впливають на неповернення кредитів [4]. Особливістю даних досліджень є те, що вони зосереджені на оцінці та виявленні факторів, що підвищують імовірність настання негативних сценаріїв, мінімізації ризику. Фокусом даного дослідження, на противагу, є виявлення факторів, що продовжують «життя» клієнта, максимізують вигоди.

Загалом, дослідження щодо використання аналізу виживання у маркетингу роздрібного банкінгу, особливо для аналізу утримання клієнтів, не привернули увагу наукової спільноти. Окремими прикладом є лише дослідження [5], у якому автори вивчали відтік клієнтів в роздрібному банку, з використанням аналізу виживання. Ціллю було описати методологію дослідження рівня «виживання» клієнтів за допомоги різних методів моделювання. Оцінка параметрів моделей і обчислення статистичних метрик, таких як AIC і logLik, показали, що регресія Вейбулла найкраще підходить для моделювання «виживання» клієнтів.

Водночас у дослідженні [6] автори використовували регресію пропорційних небезпек Кокса для вивчення факторів, що визначають утримання клієнтів у корпоративному банківському обслуговуванні. Вони виявили, що зміна генерального директора компанії, навіть Державного підприємства, збільшує ймовірність зміни банку.

Незважаючи на відсутність достатньої кількості досліджень, щодо використання аналізу «виживання» клієнтів в роздрібному банківському обслуговуванні, в науковому середовищі достатньо прикладів використання цього методу в інших сферах економіки.

Наприклад, підходи оцінки виживання популярні в страховому бізнесі, який дуже схожий на банківський ринок, з точки зору особливостей обслуговування клієнтів та послуг, які надаються. Автори [7] прогнозували

відтік клієнтів за допомогою трьох різних підходів моделювання виживання (Кокса, Вейбулла, Каплан Майєра). За допомоги оцінки АІС було визначено, що всі підходи забезпечують майже однакову якість моделювання.

Авторами [8] було зроблено оцінку з використанням моделей виживання, щоб знайти детермінанти, які найбільше впливають на відтік споживачів. Оцінка показала, що перше скасування послуги найбільше впливає на відтік клієнтів. Іншими змінними, які мають сильний вплив на відтік, є кількість скасованих послуг, розмір виплат та канал розподілу. З іншого боку, змінними, які збільшують тривалість «життя» клієнта в компанії після першої скасування, є максимальна кількість продуктів, які клієнт мав, і наявність медичного страхування.

Оскільки легше розвивати наявного клієнта, ніж залучати нового, автори [9] дослідити фактори, які пришвидшують факт купівлі додаткової послуги, що, в свою чергу, є ключовим фактором утримання клієнтів. На основі методу аналізу виживання Каплана-Майєра та регресійної моделі Кокса автори виявили, що вік клієнта, місце проживання, премія за контрактом, кількість укладених контрактів і початковий канал доступу, який використовується для укладання контракту, впливають на швидкість реалізації перекресних продажів.

Ще одним прикладом застосування підходу до моделювання «виживання» клієнтів є дослідження [10]. У статті розглядаються фактори, що сприяють відтоку клієнтів для каршеринга. Основним методом вивчення цих ефектів є розширена модель пропорційних небезпек Кокса. Результати моделювання показали, що літні клієнти та клієнти чоловічої статі мали меншу ймовірність відмови; клієнти були менш схильні до відтоку, коли їхні станції спільного використання автомобілів були розташовані в районах з обмеженим доступом до громадського транспорту або в районах з коледжами, залізничними вузлами чи аеропортами. На основі результатів, автори запропонували стратегію змін у процесі утримання клієнтів.

Загалом аналіз виживання може бути цінним інструментом для банків, який дозволяє аналізувати «виживання» клієнтів і визначати фактори, що

впливають на нього. Хоча аналіз виживання знайшов застосування в різних галузях банківської справи, у сфері роздрібних банківських послуг та маркетингу, все ще існує значна прогалина. Банки можуть отримати вигоду з використання аналізу виживання, щоб поліпшити свої стратегії утримання клієнтів.

Більшість опублікованих досліджень орієнтуються на регресію пропорційних небезпек Кокса, яка відзначається складністю побудови та виконання усіх припущень стосовно якості моделі. В даному дослідженні було використано регресію Вейбулла, яка характеризується легшою методологією побудови та оцінки якості, для моделювання рівня виживання клієнтів з автокредитом, та визначення факторів, що підвищують імовірність збільшення тривалості їх активності. Також велика частина досліджень свідчать про значний вплив соціально-демографічних характеристик клієнта на рівень «виживання».

Метою дослідження є визначення найкращого поєднання факторів, що сприяють збільшенню тривалості «життя» клієнтів, з урахуванням їх доходу, регіону проживання, статі та віку.

Методологія

Аналіз виживання – це статистичний метод, що використовується для аналізу часу до настання події інтересу. Аналіз виживання відрізняється від інших статистичних методів, оскільки частиною інформації, яка аналізується, є цензуровані дані, тобто дані, в яких подія ще не відбулася на момент закінчення дослідження або періоду спостереження.

В аналізі виживання час до настання події інтересу називається часом виживання, а ймовірність виживання після заданого часу називається функцією виживання. Функція небезпеки – ще один часто використовуваний показник у аналізі виживання, який представляє миттєву швидкість виникнення події в певний момент часу, з урахуванням того, що людина дожила до цього часу. Рівень небезпеки – це ймовірність виникнення події інтересу в короткому проміжку часу за умови, що вона не відбулася раніше.

Всі обчислення та візуалізація в дослідженні проводилися в середовищі R з використанням програмного забезпечення RStudio. Щоб виконати аналіз виживання в R, дані мають бути структуровані у спеціальному форматі, який включає інформацію про час виживання, статус цензурування даних і будь-які додаткові змінні-предиктори. Час виживання, зазвичай, представлений як неперервна змінна, а статус цензування – як бінарна змінна, що вказує, чи сталася подія інтересу (1) чи була відцензурована (0).

Моделювання виживання Вейбулла – це статистичний метод, який передбачає, що рівень небезпеки підпорядковується розподілу Вейбулла. Розподіл Вейбулла є гнучким розподілом, який може відтворювати різні форми функції небезпеки з полином часу.

У моделі виживання Вейбулла взаємозв'язок між рівнем небезпеки та змінними-предикторами моделюється за допомогою регресії, коефіцієнти якої представляють вплив кожної змінної-предиктора на рівень небезпеки, за умови, що всі інші змінні в моделі залишаються незмінними.

У моделі Вейбулла функція небезпеки описується наступним рівнянням:

$$h(t) = \lambda * \gamma * t^{(\gamma-1)}, \quad (1)$$

де t – це час, λ – параметр масштабу, а γ – параметр форми розподілу Вейбулла.

Модель Вейбулла дозволяє збільшувати або зменшувати рівень небезпеки з часом, залежно від значення γ . Він визначає, чи рівень небезпеки збільшується ($\gamma > 1$), зменшується ($\gamma < 1$), чи залишається незмінним ($\gamma = 1$) з часом. Параметр масштабу визначає масштаб розподілу, або час, коли подія інтересу відбудеться для певної частки об'єктів спостереження, а параметр форми визначає форму розподілу. Для моделі Вейбулла позитивний коефіцієнт для змінної предиктора означає нижчий рівень небезпеки, а негативний коефіцієнт означає вищий рівень небезпеки. У моделі Вейбулла більш низьке значення параметра масштабу передбачає, що подія з більшою

ймовірністю відбудеться раніше, а більш високе значення передбачає, що вона з меншою ймовірністю відбудеться в короткостроковій перспективі.

Оцінка якості регресійної моделі виживання Вейбула відбувається за рядом критеріїв:

- z -статистика для коефіцієнта змінної предиктора – є оцінкою коефіцієнта, поділеною на його стандартну похибку.

- p -значення для для z -статистики – вимірює ймовірність спостереження z -статистики, настільки екстремальної, як відповідно нульової гіпотези, що коефіцієнт дорівнює нулю. Нижче значення p вказує на сильніші докази проти нульової гіпотези про нульовий коефіцієнт. Значення < 0.05 підтверджують статистичну значущість коефіцієнта для змінної предиктора.

- Лог-подібність моделі виживання Вейбулла є мірою того, наскільки добре модель відповідає спостережуваним даним виживання. Чим вище значення функції лог-подібності, тим краще модель відповідає спостережуваним даним про виживання.

- АІС (критерій Акаїке) - це статистична міра, що використовується для порівняння якості побудови різних моделей. АІС заснований на функції Лог-подібності та кількості параметрів у моделі. Алгоритм «карає» моделі з великою кількістю параметрів, щоб уникнути перенавчання. Чим нижче значення АІС, тим краще модель пояснює дані.

Для визначення найкращого поєднання змінних предикторів використовується функція `stepAIC` в R. У ході виконання алгоритму `stepAIC` відбувається покрокова процедура вибору моделі на основі АІС. Поетапна процедура починається з повної моделі, що включає всі змінні-предиктори, і послідовно видаляє або додає змінні в модель, поки не буде отримана найкраща модель з найменшим значенням АІС. Покрокова процедура може бути як прямою (додавання змінних у модель), так і зворотною (видалення змінних з моделі) [11].

Результати дослідження

Для виконання дослідження було використано статистику активності клієнтів, які були залучені у період з 2018 року по 2022 рік, і першим продуктом яких був кредит на автомобіль. Так як банк не карає позичальника за дострокове погашення кредиту, клієнти мають схильність оформлювати позику на максимально можливий термін, але погашати борг швидше, ніж того вимагає банк. Відповідно, критерій «строк кредиту за договором» не є інформативним при аналізі тривалості клієнтської активності. Але це стосується лише угод з відсотковою ставкою вищою за 0.01%. З огляду на це, у дослідженні бралися до уваги лише клієнти з автокредитом за ціною вище 0.01% річних. Масив даних містить 14 830 записів.

Основою дослідження слугував показник, який відображає тривалість активності клієнта (`time_to_deactivation` – кількість днів з моменту відкриття до моменту закриття клієнта), значення якого моделювалося. Ознакою того, чи спостереження є цензурованим, виступив фактор `deactivated` – ознака закриття клієнта (1 – закритий; 0 – діючий).

Іншими факторами, вплив яких на тривалість активності клієнтів було досліджено, є:

- `gender` – стать клієнта (`f` – жіноча, `m` – чоловіча).
- `age_group` – вікова група (до 35 років, 35-45, 45-55, старше 55 років).
- `income_group` – рівень доходів клієнта (до 35 тис. грн в місяць, 35-70, 70-150, більше 150 тис. грн в місяць).
- `region_group` – регіон проживання ("`cv_if_km_lt_lv_rv_te_uz`" – західний регіон, "`kv`" - Київ, "`sm_kh_dp_dn_zp_mk_ks_od`" – східний регіон, "`cn_ck_pl_kr_vn_zt`" – центральний регіон).

Вплив кожної окремої характеристики клієнта, незалежно від впливу інших факторів, було спочаку досліджено. На другому етапі було побудовано загальну модель з урахуванням усіх статистично-значущих ознак клієнта.

Вплив вікової категорії клієнта на рівень «виживання»

Візуальне відображення побудованої моделі можна побачити на рис. 1. На рис. 1 можна спостерігати, що найвище розташована крива виживання вікової категорії клієнтів 35-45 років, що свідчить про їх довший рівень співпраці з банком. Поруч з цією кривою знаходиться також категорія клієнтів 45-55 років. Проаналізувавши результати моделювання та візуалізації, можна стверджувати, що цільовою категорією залучення клієнтів з автокредитами для банку є клієнти 35-55 років.

Але для визначення статистичної значущості впливу кожної з вікових категорій, необхідно дослідити коефіцієнти моделі. Характеристика якості коефіцієнтів моделі виживання з урахуванням віку клієнтів подана у табл. 1.

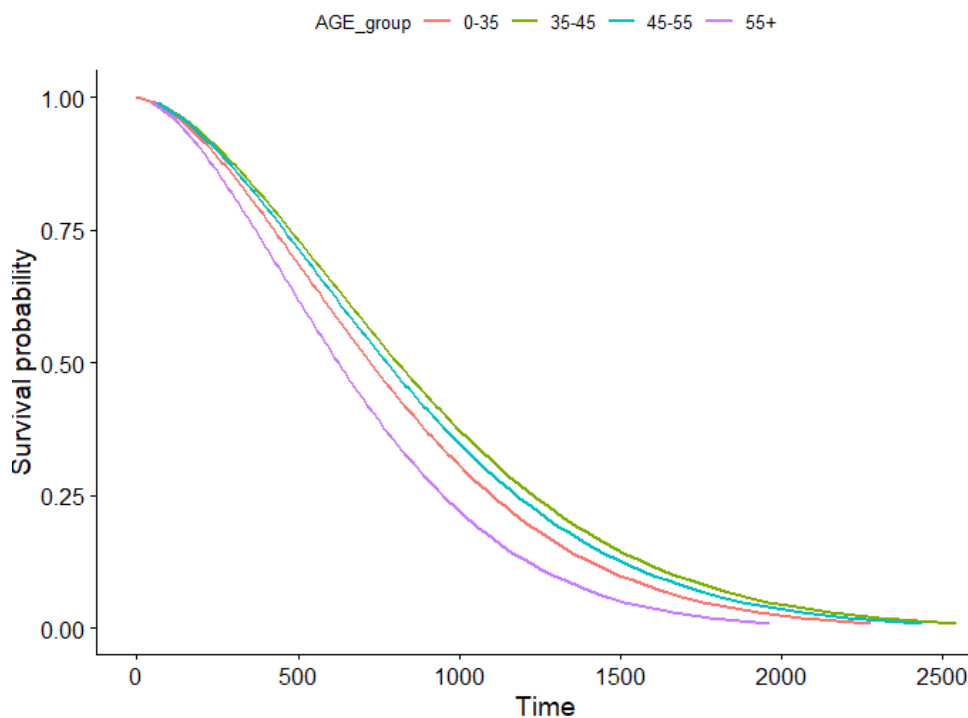


Рис. 1. Візуалізація кривих виживання для різних вікових груп

Кожне значення коефіцієнту представляє зміну рівня небезпеки для кожного рівня змінної, в порівнянні з базовим референтним значенням (Перетин), яким в даній моделі виступає вікова група «вік до 35 років».

Характеристика якості коефіцієнтів моделі виживання
з урахуванням віку клієнтів

Змінна	Значення коефіцієнту	Стандартна похибка	z-статистика	p-значення
Перетин	6.8070	0.0188	361.45	< 2e-16
Вік 35-45 років	0.1100	0.0236	4.67	3.1e-06
Вік 45-55 років	0.0675	0.0253	2.67	0.0076
Вік старше 55 років	-0.1479	0.0277	-5.35	8.9e-08

Всі коефіцієнти вікових груп є статистично значущими, так як їхні р-значення нижче прохідного 0.05. Існують вагомі докази того, що клієнти віком у діапазоні 35-55 років мають нижчий рівень ризику закриття, ніж ті, хто має вік до 35 років. Клієнти старші 55 років мають вищий рівень ризику, ніж клієнти до 35 років.

Оцінка параметру масштабу встановилася на рівні 0.605. Менший параметр масштабу вказує на більш круту криву виживання, тоді як вищий параметр масштабу вказує на більш полого. Параметр масштабу 0.605 вказує на те, що функція небезпеки відносно крута – ймовірність події (закриття клієнта) швидко зростає з часом. Це можна інтерпретувати як наявність відносно високого ризику закриття клієнта на ранньому етапі його життя.

Показник Лог-подібності побудованої моделі дорівнює -38940.3, що вище за рівень Лог-подібності моделі без врахування впливу змінних предикторів (- 38994.6); р-значення для всієї моделі = 2.1e-23 є меншим за порогове 0.05. Відповідно, існує статистично значущий вплив факторів моделі на рівень «виживання» клієнтів.

Вплив рівня доходів клієнта на рівень «виживання»

Візуальне відображення побудованої моделі можна побачити на рис. 2. На рис. 2 можна спостерігати, що найвище розташована крива виживання категорії 0-35 тис. грн в місяць та 35-70 тис. грн в місяць, що свідчить про їх довший період співпраці з банком. Проаналізувавши результати візуалізації можна стверджувати, що цільовою категорією залучення

МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

клієнтів з автокредитами для банку є клієнти з доходом до 70 тис грн в місяць.

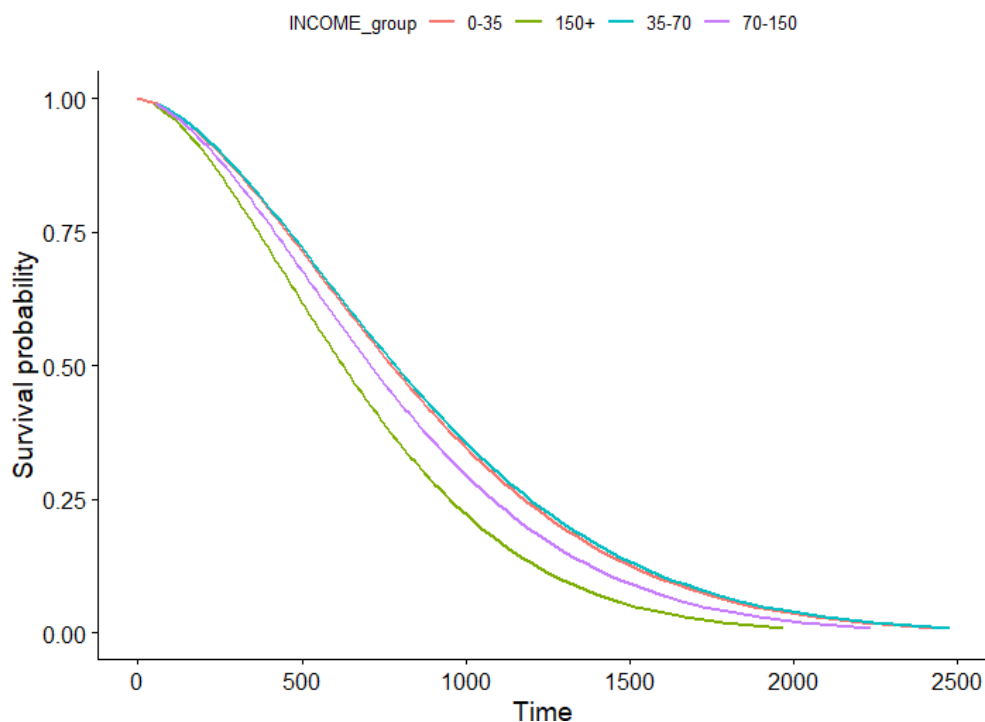


Рис. 2. Візуалізація кривих виживання для різних груп доходів

Характеристика якості коефіцієнтів моделі виживання з урахуванням доходу клієнтів подана у табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика якості коефіцієнтів моделі виживання
з урахуванням доходу клієнтів

Змінна	Значення коефіцієнту	Стандартна похибка	z-статистика	p-значення
Перетин	6.8735	0.0122	562.22	< 2e-16
Дохід 35-70 тис. грн місяць	0.0156	0.0224	0.70	0.48449
Дохід 70-150	-0.0856	0.0237	-3.60	0.00031
Дохід вище 150 тис. грн місяць	-0.2137	0.0298	-7.16	7.9e-13

Перетин представляє базовий рівень небезпеки для референтної групи предиктора, яким є група з доходом менше 35 тис. грн в місяць. Всі коефіцієнти вікових груп, окрім групи 35-70 тис. грн в місяць, є статистично значущими, так як їхні p-значення нижче прохідного 0.05. Це означає, що

існують вагомі докази того, що клієнти з доходом вище 70 тис. грн в місяць мають вищий рівень ризику закриття, ніж ті, хто має дохід до 35 тис. грн в місяць.

Оцінка параметру масштабу встановилася на рівні 0.606. Показник Лог-подібності побудованої моделі дорівнює -38964.4, що вище за рівень Лог-подібності моделі без врахування впливу змінних предикторів (- 38994.6). р-значення для всієї моделі = $4.9e-13$ є меншим за порогове 0.05, що в свою чергу означає статистично значущий вплив факторів моделі на рівень «виживання» клієнтів.

Вплив регіону проживання на рівень «виживання» клієнтів

Візуальне відображення побудованої моделі можна побачити на рис. 3. На рис. 3 можна спостерігати, що криві виживання різних регіонів розташовані майже поруч один до одного. Це може свідчити про відсутність статистичної різниці в ризику між різними регіонами країни. Найвище розташовані криві виживання клієнтів, які проживають в Києві та Східних регіонах, що свідчить про їх довший період співпраці з банком.

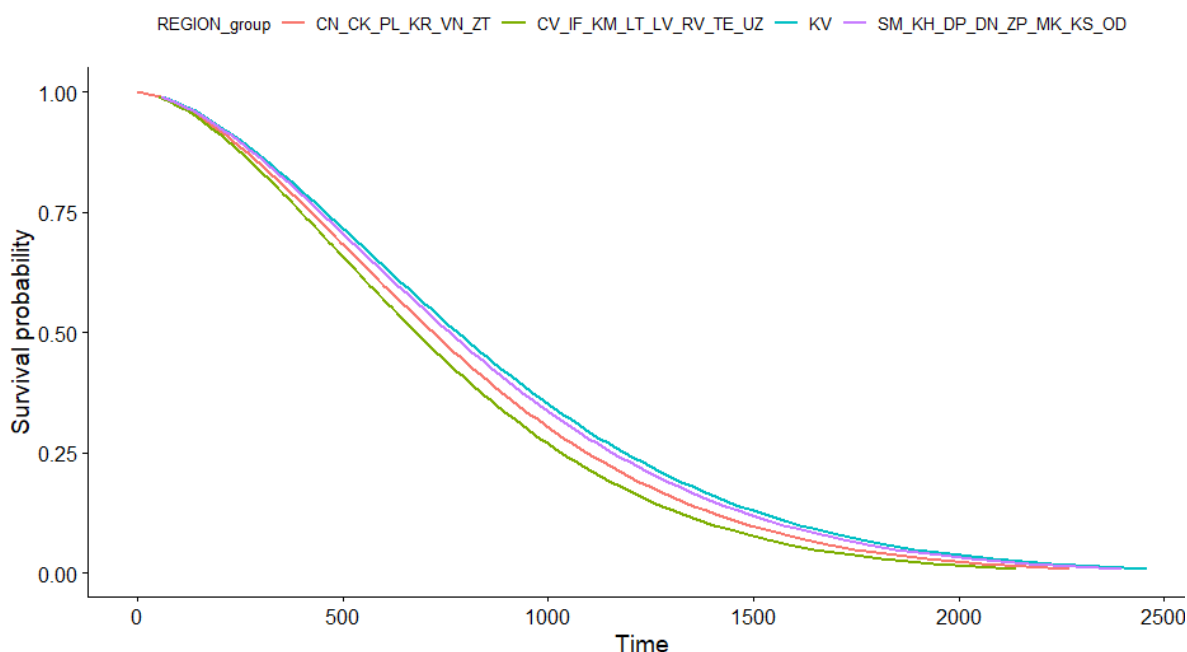


Рис. 3. Візуалізація кривих виживання для різних регіонів проживання

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

Характеристика якості коефіцієнтів моделі виживання з урахуванням регіону проживання клієнтів подана у табл. 3.

Таблиця 3

Характеристика якості коефіцієнтів моделі виживання з урахуванням
регіону проживання

Змінна	Значення коефіцієнту	Стандартна похибка	z-статистика	p-значення
Перетин	6.8007	0.0239	284.99	< 2e-16
Західний регіон	-0.0589	0.0328	-1.79	0.0727
Східний регіон	0.0551	0.0284	1.94	0.0525
Київ	0.0801	0.0273	2.94	0.0033

Перетин представляє базовий рівень небезпеки для референтної групи предиктора, яким є центральний регіон (cn_ck_pl_kr_vn_zt). Лише Київ (KV) показав статистично значущий коефіцієнт. Це означає, що існують вагомі докази того, що клієнти, які проживають в Києві, мають нижчий рівень ризику закриття, ніж ті, хто живе в центральних регіонах країни.

Оцінка параметру масштабу встановилася на рівні 0.607. Показник Лог-подібності побудованої моделі дорівнює -38979.2, що вище за рівень Лог-подібності моделі без врахування впливу змінних предикторів (- 38994.6). p-значення для всієї моделі = 9.3e-07 є меншим за порогове 0.05, що в свою чергу означає статистично значущий вплив факторів моделі на рівень «виживання» клієнтів.

Вплив статі клієнта на рівень «виживання»

Візуальне відображення побудованої моделі можна побачити на рис. 4. На рис. 4 можна спостерігати, що крива виживання для жінок і чоловіків розташовані майже поруч один до одного. Це може свідчити про незначну відмінність коефіцієнта моделі від нуля.

Характеристика якості коефіцієнтів моделі виживання з урахуванням статі клієнта подана у табл. 4.

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

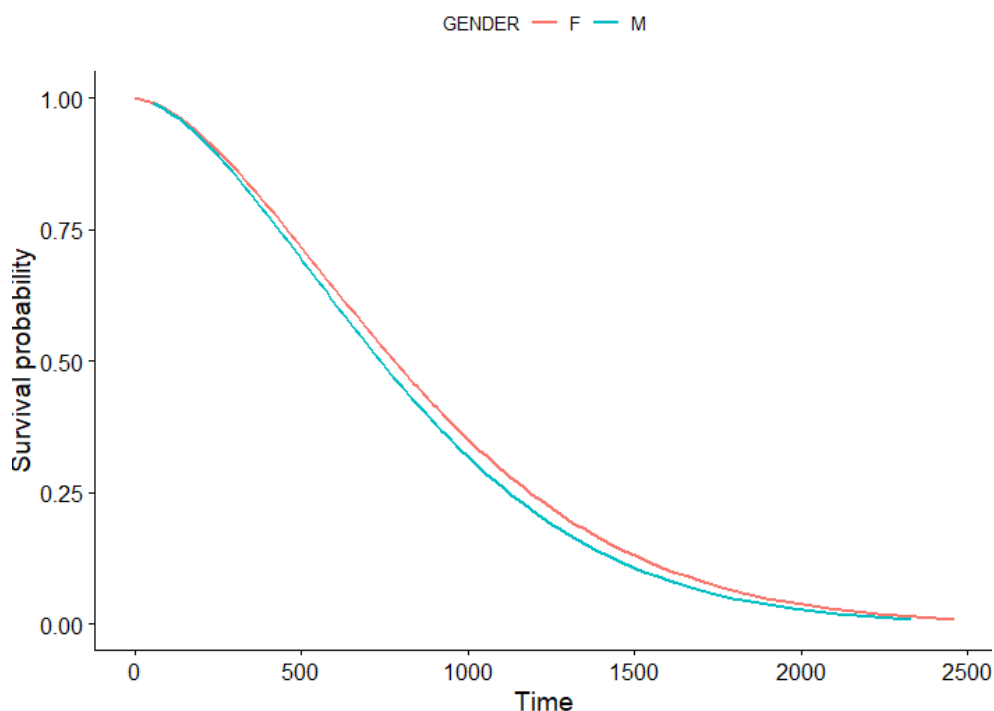


Рис. 4. Візуалізація кривих виживання в залежності від статі клієнта

Таблиця 4

Характеристика якості коефіцієнтів моделі виживання з урахуванням статі клієнта

Змінна	Значення коефіцієнту	Стандартна похибка	z-статистика	p-значення
Перетин	6.8802	0.0149	460.91	< 2e-16
Чоловік	-0.0550	0.0182	-3.03	0.0025

Перетин представляє базовий рівень небезпеки для референтної групи предиктора, яким є Жіноча стать. Чоловіча стать показала статистично значущий коефіцієнт. Це означає, що існують вагомі докази того, що Чоловіки мають вищий рівень ризику закриття, ніж Жінки.

Оцінка параметру масштабу встановилася на рівні 0.608. Показник Лог-подібності побудованої моделі дорівнює -38990, що вище за рівень Лог-подібності моделі без врахування впливу змінних предикторів (- 38994.6). p-значення для всієї моделі = 0.0024 є меншим за порогове 0.05, що в свою чергу означає статистично значущий вплив факторів моделі рівень «виживання» клієнтів.

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

*Сумісний вплив соціально демографічних характеристик клієнта
на рівень «виживання»*

Таблиця 5

Характеристика якості коефіцієнтів моделі виживання з урахуванням усіх
соціально-демографічних характеристик клієнта

Змінна	Значення коефіцієнту	Стандартна похибка	z-статистика	p-значення
Перетин	6.8337	0.0328	208.5	< 2e-16
Західний регіон	-0.0495	0.0326	-1.52	0.12898
Київ	0.0900	0.0273	3.3	0.00097
Східний регіон	0.0645	0.0282	2.29	0.02219
Чоловік	-0.0350	0.0182	-1.93	0.05388
Вік 35-45 років	0.0968	0.0235	4.11	3.90e-05
Вік 45-55 років	0.0449	0.0254	1.77	0.07752
Вік старше 55 років	-0.1691	0.0280	-6.05	1.50e-09
Дохід вище 150 тис. грн в місяць	-0.2425	0.0302	-8.03	9.60e-16
Дохід 35-70 тис. грн в місяць	-0.0174	0.0226	-0.77	0.44004
Дохід 70-150 тис. грн в місяць	-0.1102	0.0240	-4.59	4.40e-06

Перетин представляє базовий рівень небезпеки для референтної групи предиктора, якою в даній моделі є Жінки, віком до 35 років, з доходом до 35 тис. грн в місяць, які проживають в центральному регіоні країни. Статистично значущими тепер виявилися ознаки: Київ та Східний регіон, вік 35-45 років та вище 55 років, дохід вище 70 тис. грн в місяць.

Оцінка параметру масштабу встановилася на рівні 0.601. Показник Лог-подібності побудованої моделі дорівнює -38887.8, що вище за рівень Лог-подібності моделі без врахування впливу змінних предикторів (- 38994.6). p-значення для всієї моделі = 2.3e-40 є меншим за порогове 0.05, що в свою чергу означає статистично значущий вплив факторів моделі на рівень «виживання» клієнтів.

Порівняння моделей та вибір найкращої комбінації факторів

За критерієм АІС, найкращою моделлю є модель з урахуванням впливу усіх соціально демографічних характеристик клієнта. Але в моделі

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

присутні групи клієнтів, які не несуть статистичного впливу на рівень виживання. Відповідно, цілком імовірно, що гарні показники Загальної моделі за критерієм АІС були досягнені за рахунок перенавчання моделі. Для виправлення можливої проблеми перенавчання було застосовано алгоритм stepAIC. Результати алгоритму подані в табл. 7.

Таблиця 6

Значення коефіцієнта АІС для усіх побудованих моделей

Модель	Значення АІС
Вплив віку	77890.51
Вплив доходу	77938.80
Вплив регіону проживання	77968.35
Вплив статі	77985.91
Загальна модель	77799.56

Таблиця 7

Характеристика якості коефіцієнтів моделі виживання з урахуванням усіх статистично значущих характеристик клієнта

Змінна	Значення коефіцієнту	Стандартна похибка	z-статистика	p-значення
Перетин	6.8642	0.0242	283.71	< 2e-16
Дохід до 35 тис. грн в місяць	0.1093	0.0240	4.56	5.2e-06
Дохід 35-70 тис. грн в місяць	0.0933	0.0278	3.36	0.00079
Дохід вище 150 тис. грн в місяць	-0.1300	0.0339	-3.83	0.00013
Західний регіон	-0.1286	0.0247	-5.20	2.0e-07
Центральний регіон	-0.0789	0.0258	-3.06	0.00219
Жінка	0.0370	0.0181	2.04	0.04086
Вік до 35 років	-0.0959	0.0235	-4.08	4.6e-05
Вік 45-55 років	-0.0526	0.0223	-2.36	0.01846
Вік старше 55 років	-0.2675	0.0251	-10.64	< 2e-16

Перетин представляє базовий рівень небезпеки для референтної групи предиктора, якою в даній моделі є Чоловіки віком 35-45 років, з доходом 70-150 тис. грн в місяць, які проживають в Києві або Східному регіоні.

Зідно результатів моделювання можна стверджувати, що клієнти жіночої статі, які проживають в Києві чи в Східних регіонах, віком 35-45

років, та доходом до 70 тис грн в місяць статистично мають довший життєвий період.

Найсильнішим впливом на рівень небезпеки (найбільша різниця порівняно з нулем) відзначилися характеристики: вік більше 55 років (-0.27), західний регіон проживання (-0.13), дохід вище 150 тис. грн в місяць (-0.13), та дохід до 35 тис. грн в місяць (0.11).

Оцінка параметру масштабу встановилася на рівні 0.601. Показник Лог-подібності побудованої моделі дорівнює -38888.6, що вище за рівень Лог-подібності моделі без врахування впливу змінних предикторів (-38994.6). р-значення для всієї моделі = $9.8e-41$ є меншим за порогове 0.05, що в свою чергу означає статистично значущий вплив факторів моделі рівень «виживання» клієнтів.

Показник АІС для оптимізованої моделі встановився на рівні 77799.11, що нижче показника АІС для Загальної моделі (77799.56). Відповідно, відбулося покращення якості побудови та навчання моделі виживання.

Висновки

В останні роки аналіз виживання стає дедалі популярнішим інструментом для визначення часу до настання події-інтересу. Однією з проблем роздрібного банківського обслуговування є утримання клієнтів. Одним з можливих рішень є використання аналізу виживання для визначення факторів, які впливають на виживання клієнтів та їх утримання.

У цьому дослідженні використовується метод моделювання Вейбулла для виявлення факторів, що впливають на тривалість активності клієнтів банку з автокредитами. Для виконання дослідження було використано статистику активності клієнтів, що були відкриті у період з 2018 року 2022 рік, першим продуктом яких був кредит на автомобіль. Масив даних включав 14 830 записів. Метою дослідження було визначення найкращого поєднання факторів, що сприяють збільшенню тривалості «життя» клієнтів з урахуванням їх доходу, регіону проживання, статі та віку. Для досягнення цієї мети

було побудовано окремі моделі для кожної характеристики клієнта, щоб виключити вплив інших факторів на тривалість активності, та загальну модель, з урахуванням усіх факторів. Всі обчислення та візуалізація проводилися в ПЗ Rstudio, з використанням мови програмування R.

Результати аналізу коефіцієнтів та дослідження кривих виживання побудованих моделей дозволили зробити висновки, що усі характеристики, які досліджувалися, суттєво впливають на рівень «виживання» клієнтів. Підтвердженням цієї ідеї також стало найменше значення показника AIC для моделі, яка включала усіх фактори одночасно. Показник масштабу для всіх побудованих моделей встановився на рівні 0.6, що є доволі малим значенням. Це вказує на значний ризик закриття клієнтів в короткостроковій перспективі після відкриття, і ще раз підтверджує необхідність пошуку факторів, які забезпечують продовження періоду співпраці клієнта з банком.

Але не всі рівні характеристик отримали статистично значущі коефіцієнти впливу. Тому було прийнято рішення застосувати функцію stepAIC для пошуку найкращої комбінації, як характеристик клієнта, так і рівнів цих характеристик. В результаті була отримана модель, яка показала найкраще значення AIC серед усіх запропонованих моделей. Фінальна модель включала лише статистично значущі змінні предиктори: дохід до 35 тис. грн в місяць, 35-70 тис. грн в місяць та вище 150 тис. грн в місяць; центральний та західний регіони країни; жіночу стать; вік до 35 років, 45-55 років та вище 55 років. Найсильнішим впливом на рівень небезпеки (найбільша різниця коефіцієнтів порівняно з нулем) відзначилися характеристики: вік більше 55 років (-0.27), західний регіон проживання (-0.13), дохід вище 150 тис. грн в місяць (-0.13), та дохід до 35 тис. грн в місяць (0.11).

Результати моделювання підтверджують, що існують вагомі докази того, що клієнти жіночої статі, які проживають в Києві чи в Східних регіонах, віком 35-45 років, та доходом до 70 тис грн в місяць статистично

мають довший життєвий період. р-значення для всієї моделі = $9.8e-41$ є меншим за порогове 0.05, що в свою чергу означає статистично значущий вплив факторів моделі рівень виживання клієнтів.

Отримані результати можуть бути корисні для банківських організацій при розробці тарифів та продуктових пропозицій, для залучення цільової аудиторії клієнтів. Також вони можуть бути використані при визначенні стратегії розвитку банку та управлінні його портфелем клієнтів. Для групи найбільш схильних до швидкого закриття клієнтів можуть бути розроблені постійні комерційні кампанії, направлені на утримання їх активності після погашення кредиту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhao, Z., Feng, Q., Zhang, Y., & Ning, Z. (2022). Adaptive risk-aware sharable and individual subspace learning for cancer survival analysis with multi-modality data. *Briefings in Bioinformatics*, 24(1). doi:10.1093/bib/bbac489
2. Xia, Y., He, L., Li, Y., Fu, Y., & Xu, Y. (2020). A dynamic credit scoring model based on survival gradient boosting decision tree approach. *Technological and Economic Development of Economy*, 27(1), 96-119. doi:10.3846/tede.2020.13997
3. Thackham, Mark (2021): Survival analysis: applications to credit risk default modelling. Macquarie University. Thesis. doi:10.25949/19436723.v1
4. Caselli, S., Corbetta, G., Cucinelli, D., & Rossolini, M. (2021). A survival analysis of public guaranteed loans: Does financial intermediary matter? *Journal of Financial Stability*, 54, 100880. doi:10.1016/j.jfs.2021.100880
5. Kubacki, D., & Kubacki, R. (2020). Examining selected theoretical distributions of life expectancy to analyse customer loyalty durability. the case of a European Retail Bank. *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Oeconomica*, 4(349), 81-92. doi:10.18778/0208-6018.349.05
6. Huang, J., Matthews, K., & Zhou, P. (2020). What causes Chinese listed firms to Switch Bank loan provider? evidence from a survival analysis. *Emerging Markets Review*, 43, 100678. doi:10.1016/j.ememar.2020.100678
7. Abdul-Fatawu Majeed (2020). Accelerated Failure Time Models: An Application in Insurance Attrition. *The Journal of Risk Management and Insurance*, 24(2), 12-35.
8. Henaio Madrigal, M. (2020). Customer churn prediction in insurance industries: a multi-product approach (Doctoral dissertation, Universidad EAFIT).
9. Staudt, Y., & Wagner, J. (2022). Factors driving duration to cross-selling in non-life insurance: New empirical evidence from Switzerland. *Risks*, 10(10), 187. doi:10.3390/risks10100187
10. Hu, S., Chen, P., & Chen, X. (2021). Do personalized economic incentives work in promoting shared mobility? examining customer churn using a time-varying Cox Model. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 128, 103224. doi:10.1016/j.trc.2021.103224
11. Moore, D. F. (2016). *Applied survival analysis using R* (Vol. 473). Cham: Springer.

1.5. Modeling of relationships between macroeconomic indicators and sovereign debt indicators

Introduction

The essence of public debt, its causes, management, impact on economic development and economic security, stability of the financial system are highlighted in the research works of I. Dernova, I. Lukyanenko, T. Bohdan, M. Woodford, I. Lyuty, S. Shumska, V. M. Geets, T. V. Vahnenko, D. Vita, D. Elmendorf, R. Barro, as well as others domestic and foreign researchers. The challenges of economic and mathematical modeling of the macroeconomic processes are described in the works of such scientists as: V. Vitlinskyi, O. Ulanovskyi, S. Kozlovskyi, V. Kozlovskyi, O. Sharapov, V. Derbentsev, S. Mishchenko, S. Naumenkova, V. Mishchenko, V. Ivanov, R. Lysenko. Separate approaches to the formation and practical application of macroeconometric models, including those aimed at modeling the behavior of the central bank, as well as the search for an optimal combination of monetary, fiscal, budget and debt policy tools are highlighted to the work of scientists - J. Taylor, J. Vein, R. Clarida, D. Brash, L. Bol, B. Krushkovich, A. Nojkovich, P. Dadashova. The criterion of a low level of public debt to GDP should become a prerequisite for the stability of public finances, the ability to use own resources more flexibly for the needs of the domestic market, and support economic growth instead of exporting income in the form of debt payments. On the other hand, a low level of debt ensures positive expectations of economic agents, reducing pressure on interest rates and the level of debt service costs [1, p. 54].

The purpose of the study is to present results of research work, aimed at the creation of models of macroeconomics parameters analysis and forecasting that determine the main factors of the state's debt policy in their relationship and interdependence.

According to the goal, the following tasks were formulated and solved:

- the essence, reasons for the formation and problems of the state debt in the context of modern realities are characterized;

- the analysis of existing classes of econometric models aimed at the analysis and interaction of macroeconomic indicators was carried out;
- a methodology for modeling and forecasting of macroeconomic parameters, the dynamics of which determine the size of the internal state debt, were proposed;
- on the basis of the developed structural model, analysis, forecasting and comparison of the obtained results with the corresponding results of the vector autoregressive model were carried out.

The scientific novelty of the obtained results lies in the development of a scientific and methodological tools for macroeconometric modeling and forecasting of the internal national debt. Based on the results of the Granger test to identify the direction of causality between the studied indicators, the use of the adjusted Akaike criterion to determine the value of the lag of factor endogenous and exogenous variables, models for the analysis and forecasting of indicators of the domestic public debt and other macroeconomic parameters were developed and evaluated.

Further research in this area will allow to expand the set of endo- and exogenous variables included in the model, to add dummy seasonal and auxiliary trend ones from the use of a wider range of applied econometric and, perhaps, neural network tools.

Literature analysis

In foreign scientific literature, there is a great number of research works devoted to the problems of achieving macroeconomic stabilization through monetary, fiscal, budget and debt policy instruments [2–6]. Both domestic and foreign scientists agree with the opinion that the achievement of the goals of macroeconomic stabilization will be ensured only under the condition of comprehensive application and systemic coherence of the tools of macroeconomic policy components, because their effects are closely related. If we take into account the term "macroeconomic stability", then in [1, p. 19] attention is focused on the state of the sovereign debt. The state of the financial market and the policy of the central

bank itself directly determine the financing of the public debt, and fiscal policy affects the quality, measures of debt management and its size. Also, in the same work [1, p. 71], the case of debt formation in small open economies is considered. According to this, the channels of the relationship between monetary and budget policy are the effects of budget expenditures, income, prices, sterilization effect, and the dependence of debt service costs on financial market conditions. The researcher also singled out the channels of influence of monetary policy on the budget deficit, which significantly affects the size of the sovereign debt [1, p. 72]. As it is rightly noted in [7], the works of western analysts are of interest to domestic specialists in matters of public debt management and ensuring the economic component of national security. However, the practice of countries that have evolved and developed peacefully for a long time cannot be applied in domestic approaches to macroeconomic and macro-financial management, since they do not take into account the specifics of the processes of managing the economy and finances of a country that is in a state of full-scale war and solves the problems of development and provision of components national security in the conditions of temporary occupation of a part of one's own sovereign territory and the conduct of hostilities in certain regions. It should be noted that in developed countries, a high ratio of public debt to GDP does not cause a negative impact on the economy and does not increase the risk of default. This is also explained by the efficiency of its use, i.e. the direction to stimulate economic growth, as a result of which GDP grows faster than the debt itself. The hostilities cause the irreversible loss of the property of enterprises and infrastructure due to their destruction, which is a budget-forming factor and affects the export capabilities of the domestic economy. Unprecedented military spending and a 30.4% reduction in GDP over the year greatly complicate the tasks of macroeconomic and macro-financial stabilization. Already at the end of November, the state debt increased by 47% compared to December 2021. Domestic growth was 25.5%, and external growth was 62%. Today's realities indicate an expected increase in the volume of borrowing in the future. The World Bank conducted a study that indicates a slowdown in GDP growth after the national debt crosses a certain limit. For developed

countries, this limit is considered to be 77% of GDP. For countries with small open economies and developing countries, to which Ukraine belongs, it is 64% of GDP [8]. In [9], it is noted that higher inflation reduces this ratio and debt payments in the long run, but increases inflationary expectations and the premium risk, which affects the debt sustainability of countries with a high ratio of debt. According to forecasts, in 2023 the excess of public debt over GDP will amount to 106%. According to the World Bank, an excess of the national debt relative to the country's GDP by 1% over 64% is worth 0.02% to the economy [8]. This means that the expected debt of 106% of GDP can slow down the growth of the Ukrainian economy by 0.84% per year. The accumulation of debts by the state provokes the activation of risks, in particular currency risks, and the risk of default. As on November 30, 2022, the share of external borrowings in the structure of the state debt is 64.5%. Disappointing forecasts of the Ministry of Finance in 2023 indicate that the budget deficit will amount to about 1.3 trillion. UAH (\$30.7 billion) or 20.6% of GDP. 95% of this insane amount is planned to be covered by increasing external liabilities. And the projected payments on the debt until 2048 already indicate that in the coming years, hundreds of billions of hryvnias will be spent on servicing it, and not on economic development [10]. Therefore, one of the priority tasks of government institutions should be the development and practical implementation of an effective strategy for managing external and internal state debt, taking into account best international experience. The main objective of public debt management, as stated in [11], is to ensure that the government's financing needs and its payment obligations are met with the lowest possible costs in the medium and long-term, in accordance with a reasonable level of risk. The objectives of direct debt management and the objectives of fiscal and monetary policy should be defined and understood, taking into account the complex nature of the interrelationships between various macroeconomic policy instruments for effective debt management. In work [12] it is noted that neither in developed foreign countries, nor in countries with small open economies, there is no universal model of public debt management. As a rule, it is customary to distinguish three main models of public debt management: bank, government and agency.

Effective use of the world's best practices of existing models of public debt management is possible only under the condition of stabilization of the debt situation, elimination of the persistent deficit of the state budget with access to moderate rates of growth of the public debt [2–6; 11]. It is quite obvious that in the coming quarters the stabilization of the debt situation for the application of the management models developed in relation to it is unlikely. Therefore, the currently developed approaches need to be thoroughly refined and improved in terms of finding mechanisms for combining various instruments for ensuring the debt component of the state's economic security, which are adequate to the conditions of martial law. Taking into account the results of studies [13], the main macroeconomic factors that led to a significant increase in the debt burden in Ukraine in recent years include: devaluation of the national currency; reduction of production and consumption of domestic products; significant deterioration of the balance of foreign trade and payment balances; consequences of the corona crisis; a sharp increase in the absolute value of defense expenditures; growth of the state budget deficit; the need for budgetary financing of the deficit of state-owned companies.

All the above factors are interrelated and mutually determined. To develop a model of public debt management of Ukraine in modern realities, the priority is to define cause-and-effect complexes that describe the stochastic nature of relationships between key macroeconomic indicators, parameters of the sovereign debt, monetary, fiscal and budget policy.

Such models can be a vector autoregressive model (VAR) and a structural econometric model (SEM), which are excellent for dynamic time samples. With their help various scientists are investigating the state of macroeconomic stability.

The first model is used to determine the key channels of interrelationship of factors, measuring their strength through the response to shocks in the short-term and long-term perspectives. However, it cannot explain the entire range of complex nonlinear dynamic interrelationships of complex economic systems. Also, the disadvantage is that when the number of variables and lags increases, the number of model parameters increases sharply, which leads to the bulkiness of its structure. There is a wide arsenal of types of these models, developed for

various tasks, such as VECM, TVAR, SVAR, FAVAR, and others, but the classical one is most often used. It is not for nothing that BVAR was used in [14] and determined the effects of financial stress on a developing economy and proved an increase in financial vulnerability in the case of an unstable debt situation.

The second is a system of multivariate regression equations describing the relationships between variables. Its structural form makes it possible to remove the limiting assumption about the possibility of an exclusively one-way relationship between the independent and dependent variable, therefore, when modeling using this method, it becomes possible to describe and evaluate more complex realistic relationships. One of the examples of their application is the model of the financial sector for studying the effect of mutual coordination of fiscal and monetary policy on the macroeconomic [15, p. 267]. According to it, the formation of public debt due to the budget deficit and the devaluation of the national currency, which causes the substitution effect and other factors, was mathematically described. The impact of debt on other macroeconomic indicators in their interdependence is also determined.

Object, subject, and methods of research

The object of the research is an analysis of the character interaction between macroeconomics indicators and parameters of debt and monetary policy.

The subject of the research is theoretical and methodological provisions, economic and mathematical methods and models of analysis and forecasting of the parameters of indicators affecting the formation of the sovereign internal debt.

The achievement of this goal in the conducted research and obtaining scientifically based results and the creation of the proposed methodology became possible through the use of the following *research methods*:

- analysis of the existing statistical base;
- gathering, normalizing, analyzing and comparing information;
- use of the adjusted Akaike criterion to determine the order of autoregressive models and the value of the lag of factor in them;

- use of the Granger test to identify the direction of causality between studied macroeconomics parameters;
- construction of structural econometric model and its estimation by means of 2SLS with fulfillment of its preconditions;
- construction of a vector autoregressive econometric model and its evaluation;
- analysis of coefficients of determination, F-test, statistical significance of the regression coefficients in order to determine the adequacy of the estimated equations of the developed models;
- splitting data into train and test samples for the purpose of researching predictive properties of models and comparing them through value of the forecast quality indicators;
- calculation of indicators of the close relationship of the factor variable with the resultant in each equation, namely elasticity coefficients, beta-coefficients and indirect beta-coefficients and analysis of the obtained results. A visual demonstration of the beta-coefficient of one of the endogenous variables and the period until the shock of another variable from it completely fades.

Results

In order to solve the problem of analyzing the relationships between key macroeconomic indicators and indicators of the state debt, a sample of the values of the following indicators was formed for the period 2010-2021 on a monthly basis based on information from open sources, including from the database of NABU [16] and NBU [17]. As it was shown in [18], the directions of the relationship were determined using the Granger test and endogenous and exogenous variables were distinguished. To solve such tasks, software for statistical calculations R (R studio) was used, in particular, packages `systemfit`, `vars`, `tseries`, `lmtest`, `MLmetrics`.

Endogenous variables:

ID – real internal sovereign debt, UAH billion;

INF – inflation to the previous month, base – January. 2010, %;

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

RTOE – real retail turnover of enterprises, UAH billion;

MS – real amount of money in the economy (aggregator M3), billion UAH;

EAP – number of economically active population of working age, millions people;

EP – the number of employed population of working age, millions people;

Exogenous variables:

ED – real external sovereign debt, UAH billion;

ΔB – the real difference between revenues and expenditures of the Consolidated Budget, UAH billion;

BOP – real balance of payments, UAH billion;

RTE – discount rate of the NBU, %;

INC – real revenues of the consolidated budget, UAH billion;

GR – real gold and currency reserves of Ukraine, UAH billion;

EXP – real export of goods and services, UAH billion;

BOT – real trade balance, UAH billion;

YOOVDP – average annual reported yield of OVDP, %;

USDП – the official hryvnia purchase rate against the dollar, hryvnias.

The results of applying the Granger test are presented in the (Fig. 1).

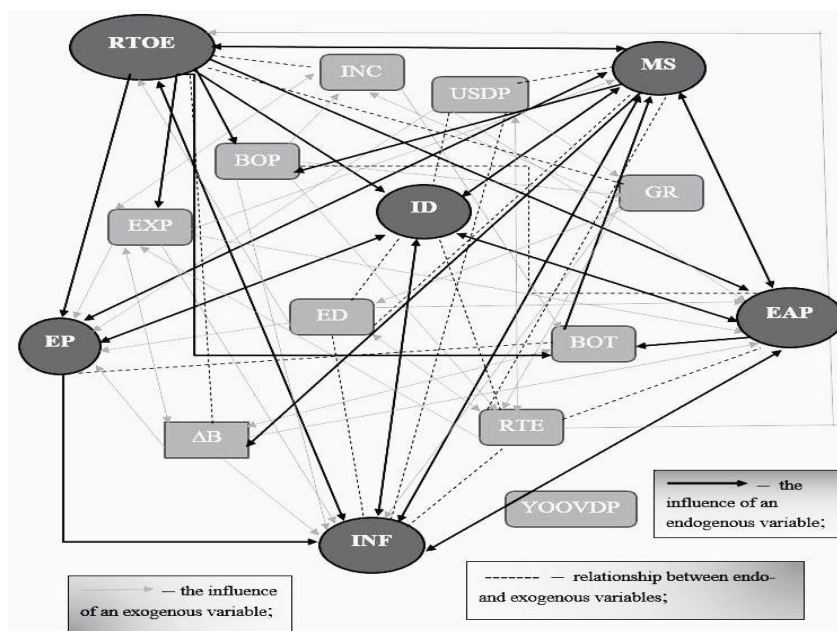


Figure 1. System of relationship between variables

Source: formed by the authors [18].

As can be seen from fig. 1, the average annual reported yield of OVDP is not interrelated with any of the considered indicators. Two-way interrelationships are observed between the indicator of the internal debt and indicators of monetary policy: inflation, money supply and interest rate, as well as the number of economically active and employed population.

In turn, the external debt indicator contains the same connections with monetary indicators and affects the retail turnover of enterprises. Due to the relatively small number of factors interacting with it, the external debt indicator was singled out as an exogenous variable.

Formed according to the procedure given in [19, p. 166] the structural form of the simulative model has the following form:

$$ID = const1 + a_{11} * INF + a_{12} * RTOE + a_{13} * MS + a_{14} * EAP + a_{15} * EP + b_{11} * ED + b_{12} * RTE + b_{13} * USDP + u1;$$

$$INF = const2 + a_{21} * RTOE + a_{22} * MS + a_{23} * EAP + a_{24} * EP + b_{21} * RTE + b_{22} * EXP + b_{23} * USDP + u2;$$

$$RTOE = const3 + a_{31} * INF + a_{32} * MS + b_{31} * ED + b_{32} * \Delta B + b_{33} * RTE + b_{34} * INC + b_{35} * GR + u3;$$

$$MS = const4 + a_{41} * ID + a_{42} * INF + a_{43} * RTOE + a_{44} * EAP + b_{41} * ED + b_{42} * RTE + b_{43} * TB + b_{44} * USDP + u4;$$

$$EAP = const5 + a_{51} * ID + a_{52} * RTOE + a_{53} * MS + b_{51} * ED + b_{52} * BOP + b_{53} * RTE + b_{54} * EXP + b_{55} * USDP + u5;$$

$$EP = const6 + a_{61} * ID + a_{62} * RTOE + a_{63} * MS + b_{61} * ED + b_{62} * \Delta B + b_{63} * EXP + b_{64} * BOT + b_{65} * USDP + u6;$$

The conducted verification of the identification of the model according to the rules of rank and order showed that all equations are overidentified. Accordingly, 2SLS was used to estimate model parameters. The structural model evaluated in this way has the following form:

$$ID = -459.28 - 1.31 * INF - 1.85 * RTOE + 0.619 * MS - 11.368 * EAP + 5.598 * EP - 0.144 * ED + 2.32 * RTE + 14.135 * USDP, R^2 = 0.88, F=112.75;$$

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

$$INF = 114.69 - 0.191 * RTOE + 0.0085 * MS - 1.24 * EAP + 0.33 * EP + 0.105 * RTE + 0.132 * EXP - 0.142 * USDP, R^2 = 0.31, F = 7.958;$$

$$RTOE = 31.58 - 0.365 * INF + 0.035 * MS - 0.0094 * ED - 0.15 * \Delta B + 0.207 * RTE + 0.212 * INC + 0.018 * GR, R^2 = 0.875, F=124;$$

$$MS = 829.33 + 1.59 * ID + 5.43 * INF + 2.38 * RTOE - 45.42 * EAP + 0.247 * ED - 4.497 * RTE - 0.837 * BOT - 25.86 * USDP, R^2 = 0.892, F=127;$$

$$EAP = 27.082 + 0.024 * ID + 0.034 * RTOE - 0.015 * MS + 0.0034 * ED - 0.001 * BOP - 0.063 * RTE + 0.017 * EXP - 0.444 * USDP, R^2 = 0.831, F=75.6;$$

$$EP = 18.5 - 0.0025 * ID - 0.092 * RTOE + 0.005 * MS - 0.003 * ED - 0.0079 * \Delta B + 0.015 * EXP - 0.053 * TB - 0.084 * USDP, R^2 = 0.97, F=497.12;$$

All six equations, except for the INF inflation equation (inflation before the previous month), were found to be adequate in terms of Fisher's statistics and have a sufficiently high coefficient of determination. Taking into account the presence of one inadequate equation in the model, as well as taking into account the importance of taking into account inflation and the factors that determine its level in the process of forming monetary and debt policy (the inflation equation itself turned out to be inadequate), it was concluded that the use of simulative models at the selected set of indicators and the given sample will not provide the proper quality of the analysis and predictive values of the indicators. Taking this into account, an alternative option was proposed: build a VAR model [1, p.74] for macroeconomic indicators, and check its equations for adequacy, and regression coefficients for significance.

The application of the Akaike Information Criterion (AIC) helped to determine the order of the models and the number of lags in them. Using the value of

the Student's statistic, the most significant parameters were selected for the evaluation of each individual equation of the model.

As a result of such actions, the following system of equations with lag values of factor and resulting variables was obtained:

$$ID_t = 0.897 * ID_{t-1} - 1.4 * INF_{t-1} + 174.11 + 0.06 * ED_t - 0.4 * \Delta B_t - 1.02 * RTE_t - 0.1 * GR_t, R^2 = 0.98, F = 1018;$$

$$INF_t = 0.6963 * INF_{t-1} + 0.026 * MS_{t-1} + 0.188 * INF_{t-2} + 0.02 * MS_{t-2} - 0.057 * INF_{t-3} - 0.045 * MS_{t-3} - 10.1 + 0.115 * RTE_t + 0.133 * EXP_t, R^2 = 0.67, F = 30.3;$$

$$RTOE_t = -0.219 * INF_{t-1} + 0.35 * RTOE_{t-1} + 0.01 * MS_{t-1} - 1.91 * EAP_{t-1} + 62.53 + 0.105 * INC_t + 0.133 * EXP_t - 0.229 * BOT_t - 0.397 * USDP_t, R^2 = 0.8645, F = 97.29;$$

$$MS_t = -0.215 * ID_{t-1} - 3.442 * INF_{t-1} + 0.941 * MS_{t-1} + 458.24 + 0.114 * ED_t - 0.62 * \Delta B_t - 2.51 * RTE_t - 0.22 * GR_t, R^2 = 0.97, F = 768.3;$$

$$EAP_t = -0.0016 * ID_{t-1} + 0.0147 * RTOE_{t-1} + 0.63 * EAP_{t-1} + 7.74 + * ED_t - 0.01 * RTE_t - 0.009 * INC_t - 0.0129 * BOT_t + 0.01 * YOOVDP_t - 0.04 * USDP_t, R^2 = 0.99, F = 1703;$$

$$EP_t = -0.0022 * ID_{t-1} + 0.027 * RTOE_{t-1} + 0.623 * EP_{t-1} + 6.94 - 0.0079 * INC_t - 0.0168 * BOT_t - 0.035 * USDP_t, R^2 = 0.988, F = 1702;$$

All model equations were found to be adequate according to Fisher's criterion with statistical significance of the vast majority of parameter estimates, which gives reason to use this model for analyzing and forecasting the size of the internal debt and other macroeconomic indicators, which are the basis of the formation of the monetary and debt policy of the state.

In order to determine whether the models can be used for forecasting, a forecast was made on the training sample of 2010-2020 on the test sample of 2021 and compared with the actual values.

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

Certain measures of forecast accuracy were used for comparison, namely [20]: root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE), and mean absolute percentage error (MAPE). The first two indicators are absolute, so there is no clear reference to the best values, but we can compare values between models, and the last one is relative and ranges from 0 to 100%, but we will be satisfied with estimates below 5-10%.

The results of forecast quality indicators are presented in Table 1.

Table 1

The value of the forecast quality indicators

	ID		INF		RTOE		EAP	
	SEM	VAR	SEM	VAR	SEM	VAR	SEM	VAR
RMSE	13.63	10.94	1.15	1.749	1.64	1.74	0.2	0.142
MAE	12.64	9.03	1.04	1.593	1.3	1.41	0.158	0.1
MAPE	3.86	3.00	1.02	1.55	4.66	5.6	0.939	0.62
	MS				EP			
	SEM		VAR		SEM		VAR	
RMSE	19.87		51.79		0.65		0.186	
MAE	18.3		44.93		0.617		0.14	
MAPE	3.30		8.72		3.94		0.93	

Source: made by the authors.

The obtained results allow us to conclude that structural equation models do a better job of forecasting INF (inflation), RTOE (retail turnover of enterprises) and MS (money supply), while vector autoregressive give lower errors when dealing with ID (internal debt), EAP (number of economically active population) and EP (number of employed population). It should be noted that VAR models do a better job of analyzing monetary indicators that affect internal debt.

According to the mean absolute percentage error (MAPE), all model estimates are within satisfactory limits, indicating good predictive properties of endogenous variable models. Therefore, in the future, they can be used for forecasting. However, the INF (inflation) equation of the structural econometric model

turned out to be inadequate, which does not allow it to be used for forecasting purposes, although it gave better estimates of forecast quality than the VAR model. Among simulative models, the EAP equation (by the number of economically active population) shows the best predictive properties, and the RTOE (retail turnover of enterprises) shows the worst. Among the VAR models, the EAP equation (the amount of economically active population) is the best, and the MS equation (money supply) is the worst. Addendum A presents the forecast values of the domestic public debt indicator (the real indicator presented in January 2010 prices) for the next 24 months, namely, 2022 and 2023. Fig. 2 demonstrates that there were already prerequisites for the growth of the domestic public debt due to the consequences caused by the coronavirus infection, and in 2022, war was added, which contributed to additional pressure on the economy, and as a result, the need for additional financing of the Consolidated Budget of Ukraine. Therefore, the debt always grows rapidly in crisis periods, due to insufficient financial resources for the state to fulfill its functions.

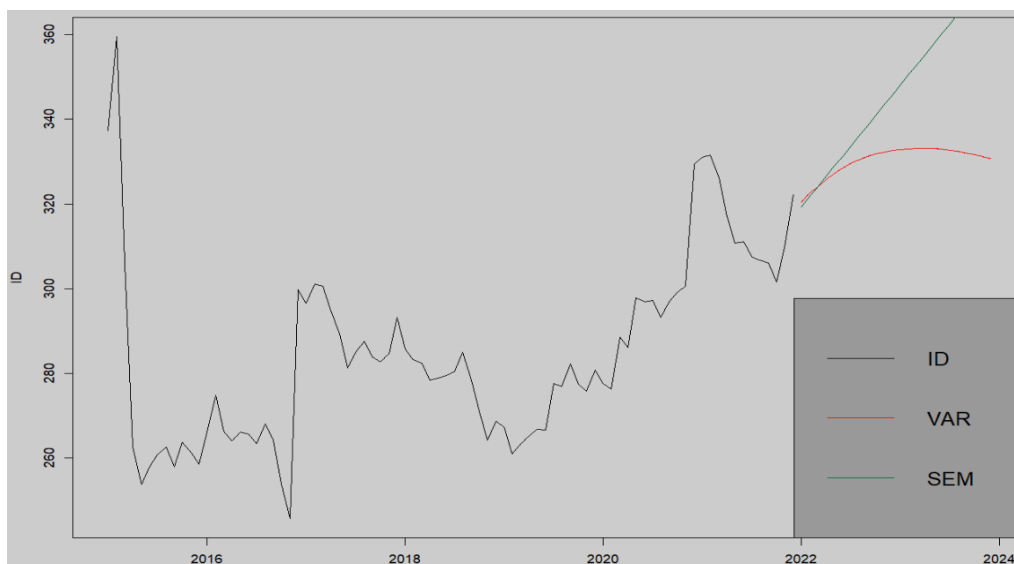


Figure 2. Predicted values of sovereign internal debt by SEM and VAR models

Source: compiled by the authors.

It can be seen that there is a noticeable difference in the predicted values of the system of simultaneous equations and the classical vector autoregressive

model, which indicates the difference in the approaches accompanying the construction of these models and the indicators presented in them. For further analysis, the impact of variables on the resulting feature should be compared using elasticity coefficients and beta-coefficients [21].

Both in economic theory and in econometrics, elasticity coefficients show how many percent one indicator will change if another indicator changes by 1%. In economic-mathematical modeling, we also take into account the invariance of other independent variables. Beta-coefficients present how much the value of the root mean square deviation of the resulting variable will change when the factor indicator increases by the value of its root mean square deviation, if the rest of the independent variables remain stable.

The results are presented in Table 2 for the SEM model of domestic public debt and for the VAR model of internal state debt.

Table 2

Elasticity coefficients and beta-coefficients for SEM model variables

	ED	INF	USDP	RTOE	RTE	MS	EAP	EP
Elasticity	-0.085	-0.77	8.36	-1.09	1.37	0.36	6.72	3.31
B-coef	-0.47	-4.3	46.46	-6.09	7.62	2.03	37.36	18.4
	ID _{t-1}	INF _{t-1}	ED	ΔB		RTE		GR
Elasticity	0.58	-0.9	0.04	-0.26		-0.66		-0.066
B-coef	2.13	-3.34	0.15	-0.96		-2.43		-0.24

So, according to elasticity coefficients and beta-coefficients, the biggest influence on the internal debt in the structural model is given by the official exchange rate of the hryvnia against the dollar (8.36% and 46.46), the statistical estimate of which is significant, and the smallest is the amount of the external debt (-0.085% and -0.47). In the VAR model, the most and least significant effect on debt is given by statistically significant estimates, namely inflation (-0.9% and -3.34) and external debt (0.04% and 0.15), respectively. We can see again that monetary indicators have the greatest impact.

By the way, this can be traced through another possibility provided by the VAR model – by the impulse response function [22] (Fig. 3), which not only reflects the change of the resulting characteristic by a certain value of its standard deviation when another endogenous variable changes by the value of its standard deviation, but also the 95 % interval of this change and the duration until this shock is fully attenuated.

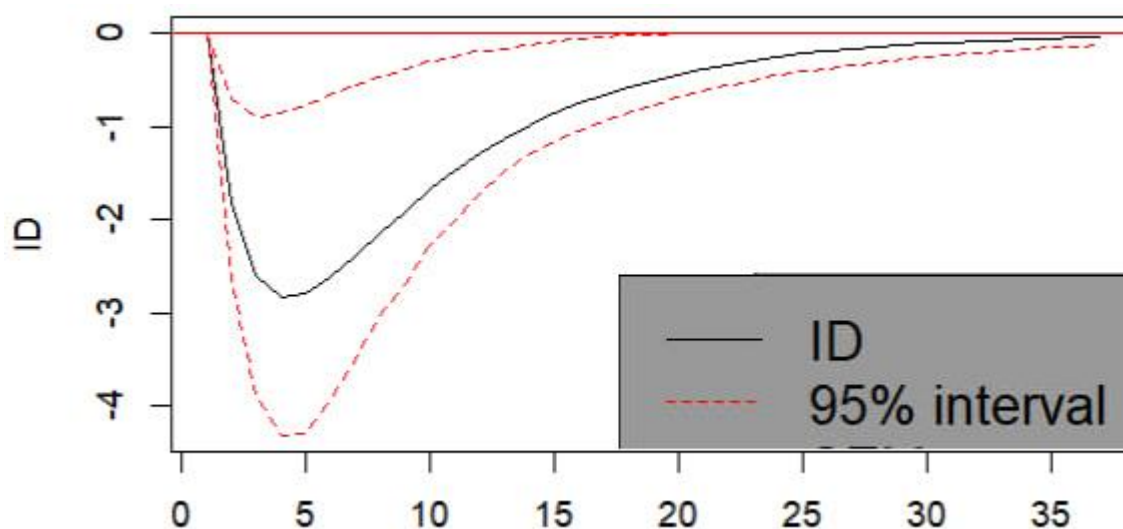


Figure 3. The impulse response function of internal debt to inflation
Source: formed by the authors.

So, the shock from the change in the inflation indicator on the internal debt is completely leveled off after about 35 periods, and in our case – months. The negative sign of the regression coefficients corresponding to the inflation parameter in both models, and now the impulse response function, proved that inflation reduces the real cost of debt.

Indirect beta-coefficients can be used to study the indirect influence of one factor through another on the resulting indicator. According to them, in the structural model, the number of economically active population (-45.66), the number of employed population (-45.37) and external debt (42.45) have the greatest indirect influence on the size of the domestic debt due to the indicator of the official exchange rate of the hryvnia against the dollar. In the VAR model, external debt (-1.65) and gold and foreign exchange reserves (1.51) have the largest indirect influence through the indicator of the NBU discount rate.

It should be noted that the factor variables will definitely take on different values in the future, so the forecasting and analysis will have to be done anew, with all the previous procedures and assumptions described above.

Conclusions

The conducted analysis of macroeconomic indicators proved that the use of the classic vector autoregressive model (VAR) gives somewhat better results than the use of the structural econometric model (SEM) in the context of the development of tools for the analysis and modeling of factors that determine the patterns and trends of the formation of the sovereign debt of Ukraine. At the same time, the results of the construction and analysis of the structural econometric model showed the adequacy of five of the six available structural equations (with the exception of the inflation equation), which also indicates the prospects for the use of simulative models in the practice of analyzing and forecasting indicators of sovereign debt in their relationship with monetary policy parameters and other macroeconomic indicators.

Due to the inadequacy of the structural model of inflation, the forecast and its assessment cannot be taken into account, therefore, here too, the VAR model turned out to be somewhat better than the simulative one.

Based on the developed and researched models, it can be asserted that the change in the size of the internal state debt is determined by the influence of monetary policy parameters, as well as external debt, the amount of gold and foreign exchange reserves, the average annual reported yield of OVDP, the balance of payments, the number of economically active and employed population, the real retail turnover of enterprises and deficit of the consolidated budget.

Through to the analysis of regression coefficients, it was determined that indicators of the hryvnia exchange rate and inflation have a significant impact on the internal debt. First of all, this can be explained by the fact that the level of debt and its payments will affect the balance of payments, which puts pressure on the

hryvnia exchange rate, which in turn leads to jumps in inflation. Due to price volatility, there is an imbalance of revenues and expenditures of the budget, which leads to a deficit and further increase of the national debt.

Therefore, the central bank with its range of instruments can have an effect on the size and structure of the internal sovereign debt, not forgetting to interact with the central authorities of fiscal policy.

REFERENCES

1. I.G. Lukyanenko, D. Wit, O.K. Primera [and others] (2017). System analysis of state policy formation in conditions of macroeconomic destabilization [monograph] Nat. Kyiv-Mohyla Academy.–Kyiv: [NaUKMA], 463 p.
2. Togo, E. (2007). Coordinating Public Debt Management With Fiscal And Monetary Policies: An Analytical Framework. Policy Research Working Papers. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-4369>
3. Cavalcanti, M. A., Vereda, L., Doctors, R. D. B., Lima, F. C., & Maynard, L. (2018). The macroeconomic effects of monetary policy shocks under fiscal rules constrained by public debt sustainability. *Economic Modelling*, 71, 184–201. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.12.010>
4. Canzoneri, M., Cumby, R., & Diba, B. (2016). Optimal money and debt management: Liquidity provision vs tax smoothing. *Journal of Monetary Economics*, 83, 39–53. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2016.08.004>
5. Barro, R. J. (1995). Optimal debt management (NBER Working Paper 5327).
6. Hodula, M., & Melecký, A. (2020). Debt management when monetary and fiscal policies clash: some empirical evidence. *Journal of Applied Economics*, 23(1), 253–280. <https://doi.org/10.1080/15140326.2020.1750120>
7. Pilko A. D. (2015) Prospective areas of system analysis and modeling of public debt management processes. *Problems of the economy*. No 3. p. 317–321.
8. Вінокуров Я. Державний борг України перевищить 100 % ВВП. Що це означає? [Electronic resource] URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/10/25/692991/>
9. Darvas, Z. (2022, December 24). The implications for public debt of high inflation and monetary tightening. Bruegel | the Brussels-based Economic Think Tank. URL: <https://www.bruegel.org/blog-post/implications-public-debt-high-inflation-and-monetary-tightening>
10. Official site of Ministry of Finance of Ukraine [Electronic resource] URL: <https://mof.gov.ua/uk>

11. Guidelines for Public Debt Management. Prepared by the Staffs of the International Monetary Fund and the World Bank. URL: <https://www.imf.org/external/np/mae/pdebt/2000/eng/index.htm?fbclid=IwAR0EXHid-nxBnvksqYxPkkdihGx1P3H1TuuZL7l-3ojWfQPPsurXJntiMQN4>
12. Makar O. P. (2012). World experience of public debt management and prospects for its application in Ukraine. *Economy and the state*. 2012. No 10. p. 54–57. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/10_2012/15.pdf
13. Merenkova L. O. (2018). Assessment of the state debt and debt policy in the context of ensuring debt security of Ukraine. *Global and national economic problems*. No 22. p. 823–828. URL: <http://global-national.in.ua/archive/22-2018/155.pdf>.
14. Kasal, S. (2022). What are the effects of financial stress on economic activity and government debt? An empirical examination in an emerging economy. *Borsa Istanbul Review*. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2022.10.007>
15. Lykhanenko, I. (2021, February 12). Financial policy in conditions of shadowing and imbalances in the labor market: methodology and tools: monograph. Access mode: <http://ek-mair.ukma.edu.ua/handle/123456789/19492>
16. Official site of the National Anti-Corruption Bureau of Ukraine [Electronic resource]. Access mode: <https://nabu.ua>
17. Official site of the National Bank of Ukraine [Electronic resource]. –K.:NBU.– www.bank.gov.ua.
18. Pilko, A. D., & Chepyha. B. T. (2022). ANALYSIS MODELS OF RELATIONSHIPS BETWEEN MACROECONOMIC INDICATORS AND STATE DEBT INDICATORS. *Economy and society*, No 45. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-60>
19. Pilko, A., & Kramar, V. (2020). ANALYSIS AND PROGNOSED MONETARY POLICY PARAMETERS BASED ON SIMULTANEOUS STRUCTURAL EQUATION SYSTEMS. *PROBLEMS OF SYSTEMIC APPROACH IN THE ECONOMY*, 1 (75). <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2020-1-46>
20. St-Aubin, P., & Agard, B. (2022). Precision and Reliability of Forecasts Performance Metrics. *Forecasting*, 4(4), 882–903. <https://doi.org/10.3390/forecast4040048>
21. Nieminen, P. (2022). Application of Standardized Regression Coefficient in Meta-Analysis. *BioMedInformatics*, 2(3), 434–458. <https://doi.org/10.3390/biomedinformatics2030028>
22. Jung, W. (2022, March 23). Quantile Impulse Response Analysis with Applications in Macroeconomics and Finance. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4064967

1.6. Підходи до моделювання впливу інфляційних очікувань на інфляцію

Вступ. Інфляційні очікування є одним з ключових показників, на які доцільно звертати увагу в процесі формування та аналізу монетарної політики центрального банку. Визначальна роль інфляційних очікувань в процесі формування монетарної зокрема та макроекономічної політики в цілому пояснюється тим, що інфляційні очікування можна використовувати для прогнозування майбутньої еволюції інфляції. Крім того, інфляційні очікування дають змогу центральним банкам оцінити рівень довіри економічних агентів до своєї політики. Інфляційні очікування також визначають реальну відсоткову ставку і цим самим впливають на споживання та інвестиційні рішення домогосподарств та фірм.

Метою публікації є висвітлення результатів дослідження літературних джерел, присвячених аналізу окремих аспектів впливу інфляційних очікувань на інфляцію та інші макроекономічні показники у країнах як з розвинутою економікою, так і з ринками, що розвиваються з подальшою розробкою рекомендацій стосовно формування набору моделей, за допомогою яких можливим є вирішення задачі формалізації такого аналізу. Для досягнення поставленої мети були використані бібліографічні методи, методи порівняння та аналізу інформації.

Огляд літературних джерел. Питанням аналізу та моделювання впливу інфляційних очікувань на індекс інфляції та інші макроекономічні індикатори присвячені праці як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників. Проблематиці моделювання інфляційних процесів, і, зокрема, інфляційних очікувань, присвячена низка праць вітчизняних та зарубіжних дослідників. Серед робіт вітчизняних науковців перш за все варто виділити праці О. Петрика, І. Лук'яненко, Ю. Городніченка, О. Жолудя, С. Ніколайчука, В. Лепушинського. Зі зрозумілих причин, значно більший інтерес становлять праці зарубіжних дослідників. Тут варто виокремити праці J. Rudd, O. Coibion, S. Kumar, S. Neri, T. Messner, F. Rumler, M. Pedemonte, P. Bordo та ін.

Зокрема, в праці Messner та Rumler (2023) проаналізовано інфляційні очікування австрійських фірм і домогосподарств. Використання методів опитування та методів статистичного аналізу дозволило авторам прийти до висновків про те, що в умовах високої інфляції інфляційні очікування домогосподарств та інфляційні очікування компаній є відносно схожими. Крім того, такі характеристики домогосподарств як рівень освіти та вік членів домогосподарства, а також розмір фірм та їх галузева приналежність впливають на інфляційні очікування. Інший висновок дослідження полягає в тому, домогосподарства є більш уважними в період високої інфляції, про що свідчить зниження їх суб'єктивної невизначеності щодо інфляційних очікувань.

У праці Pedemonte та ін. (2023) досліджуються макроекономічні наслідки неоднорідних інфляційних очікувань. Для доведення того, що інфляційні очікування за своєю природою є неоднорідними в різних групах, базуючись на результатах Bordalo та ін. (2020), запропоновано фільтр Калмана, доповнений діагностичними очікуваннями, щоб представити процес формування неоднорідних інфляційних очікувань споживачів, де неоднорідність походить від механізму прив'язки до минулого. Автори доводять, що неоднорідні інфляційні очікування закріплюють сукупну реакцію інфляції та вихідний розрив у пам'яті економічних агентів, збільшуючи тим самим стійкість наслідків шоків.

Автори Bianchi, Ilut та Saijo (2021), на основі парадигми діагностичних очікувань, запропонованої Bordalo та ін. (2018) аналізують якісні та кількісні наслідки спільного визначення діагностичних очікувань макроекономічної ситуації економічними агентами та прогнозують оптимальні дії за наявності ендогенних станів і більш віддаленої пам'яті про характер інфляції та її вплив на економічну активність. Включення діагностичних очікувань в кількісну новокейнсіанську модель широко використовується для аналізу монетарної політики. Автори розкривають важливу та нову роль ендогенних станів і віддаленої пам'яті, що дозволяє сформованій моделі діагностичних очікувань адекватно відтворювати емпіричну динаміку еко-

номічних циклів у відповідь на шок монетарної політики. Подальший розвиток такого підходу дозволив включити ціноутворення активів, а також механізми передачі шоків і зміни волатильності макроекономіки в моделі загальної рівноваги з діагностичними очікуваннями.

Roth та Wohlfart (2020) досліджують, яким чином макроекономічні, в тому числі й інфляційні очікування економічних агентів причинно впливають на їхні особисті економічні перспективи та поведінку.

У праці Grigoli та Sandri (2023) розглянуто дослідження причинно-наслідкового впливу державного боргу на інфляційні очікування домогосподарств на прикладі США, Великобританії та Бразилії. Економетричний аналіз підтвердив гіпотезу про наявність причинного впливу державного боргу на інфляційні очікування та інфляцію в досліджуваних країнах. Крім того, автори доводять, що економічні агенти, перш за все домогосподарства, у яких погіршуються інфляційні очікування, коли їм відомо про рівень державного боргу, не сподіваються на те, що центральний банк вдасться до додаткової емісії, яка спричинить інфляцію. У той же час, високий рівень державного боргу сприймається як несприятливий шок пропозиції, що призводить як до вищої інфляції, так і до більшого безробіття. Збільшення інфляційних очікувань через високий державний борг навряд чи буде стимулювати приватний попит, оскільки домогосподарства також очікують погіршення економічних перспектив.

Застосування структурного аналізу VAR в праці Neri (2023) показало, що зниження довгострокових очікувань чинило низький тиск на інфляцію під час зниження інфляції 2013-14 років і в 2019 році в єврозоні. Результати моделювання показали, що зниження інфляції було б більшим і обсяги виробництва скоротилися б, якби Європейський центральний банк не відреагував на падіння очікувань.

Цікавим щодо можливостей розробки відповідного аналітичного інструментарію з урахуванням вітчизняних умов є досвід застосування структурної векторної авторегресії для вивчення можливостей перегляду американськими споживачами інфляційних очікувань та готовності витратити

кошти у відповідь на потрясіння монетарної політики, наведений в Breitenlechner та ін. (2023).

У статті Diegel та Nautz (2023) досліджується роль довгострокових інфляційних очікувань для механізму монетарної трансмісії та проведення монетарної політики в рамках структурної VAR моделі. Проведений економетричний аналіз показав, що довгострокові інфляційні очікування в США значною мірою реагують на шок монетарної політики. Відповідно, довгострокові інфляційні очікування відіграють важливу роль у передачі шоків монетарної політики на рівень інфляції. Аналіз показує, що реакція монетарної політики на шоки очікувань сприяє стабілізації інфляції та безробіття.

У праці Basse та Wegener (2022) за допомогою тесту причинності Гранджера проведено аналіз зв'язків між відсотковими ставками, інфляційними очікуваннями та темпами інфляції в Австралії. Аналіз емпіричних даних показав односторонню причинно-наслідкову залежність короткострокових інфляційних очікувань від середньо- та довгострокових доходів державних облігацій. Крім того, між короткостроковими відсотковими ставками та короткостроковими інфляційними очікуваннями домогосподарств існує двосторонній причинно-наслідковий зв'язок. Автори показують, що відсоткові ставки та дані про настрої, які вимірюють інфляційні очікування, можуть допомогти передбачити темпи інфляції. Ці висновки підтверджують ефект Фішера, а також, здається, вказують на те, що ринок облігацій досить ефективно прогнозує темпи інфляції.

Результати. Інфляція є одним з ключових чинників, котрі впливають на економічне зростання та макроекономічну стабільність. Висока інфляція призводить до зменшення доходів та заощаджень домогосподарств та фірм, як і держави в цілому, а також підвищує виробничі витрати, зростання відсоткових ставок, зумовлює несприятливе середовище для залучення інвестицій в економіку. Основні фактори інфляції можуть бути як монетарної, так і немонетарної природи. До монетарних факторів інфляції відносять збільшення обсягів грошової маси, внаслідок чого відбувається знецінення

грошей та зниження їх купівельної спроможності. До немонетарних факторів інфляції, як правило, відносять зростання попиту на товари та послуги, зростання виробничих витрат, сезонні фактори тощо. Спільним наслідком дії як монетарних, так і немонетарних факторів є підвищення загального рівня цін на фоні скорочення купівельної спроможності платіжних засобів.

Центральні банки відіграють вирішальну роль в управлінні інфляцією шляхом коригування інструментів монетарної політики, таких як відсоткові ставки, резервні вимоги та операції на відкритому ринку. Враховуючи це, основним внеском у стійке економічне зростання з боку центрального банку є створення середовища з низькою та стабільною інфляцією.

Рівень поінформованості економічних агентів щодо майбутньої інфляції на основі доступного набору інформації впливає на їх перспективну поведінку та рішення щодо встановлення цін, заробітної плати. Через очікуваний рівень реальних відсоткових ставок це впливає на споживання, інвестиції, запозичення та заощадження. Якщо інфляційні очікування закорені на цілі центрального банку і не є чутливими до короткострокових змін фактичної інфляції та інших макроекономічних індикаторів, то монетарна політика центрального банку може бути більш експансивною у відповідь на рецесійні шоки попиту і менш рестриктивною під час інфляційних шоків пропозиції (Bernanke, 2022).

Внаслідок розбалансування інфляційних очікувань існує ризик посилення персистентності інфляції, що потенційно спричиняє самовідтворення інфляційного епізоду. Якщо інфляційні очікування високі, домогосподарства, фірми та учасники фінансових ринків можуть відповідним чином корегувати свою поведінку, що матиме ефект на економіку, зокрема впливатиме на фактичну інфляцію. За інших однакових умов, високі очікування інфляції змушують працівників активніше піднімати перед роботодавцями питання підвищення заробітної плати для компенсації очікуваної втрати купівельної спроможності. У випадку коли вимоги працівників щодо підвищення розміру заробітної плати задовольняються, підприємства підвищують ціни, щоб покрити зростання фонду заробітної плати. Це, в свою

чергу, сприяє інфляції. Як показує практика, за таких умов інфляція продовжуватиме залишатися стійкою навіть після вичерпання ефектів від шоків, що вимагатиме більш радикальних дій від центрального банку для її сповільнення, навіть якщо рівень безробіття високий. Відповідно, оптимальна реакція з боку регулятора та монетарної політики повинна враховувати ризики розбалансування очікувань шляхом зміни відсоткової ставки більш агресивно, ніж за відсутності такого ризику.

З іншого боку, заякорені на цілі центрального банку довгострокові інфляційні очікування діють як автоматичні стабілізатори економіки та підвищують ефективність монетарної трансмісії. Заякореність очікувань залежить від того, наскільки добре економічні агенти розуміють оголошену ціль з інфляції центрального банку та від довіри до монетарної політики центрального банку. Якщо інфляційні очікування є стабільними, але заякорені на рівнях, несумісних з інфляційною ціллю центрального банку, то вони будуть перешкодою для її досягнення. За наявності довіри серед економічних агентів до спроможності та прихильності центрального банку підтримувати стабільність цін, довгострокові інфляційні очікування залишатимуться заякореними, а монетарна політика зможе впливати на економічну поведінку агентів, що відображатиме ефективність каналу очікувань трансмісійного механізму монетарної політики. Додатково, комунікаційна політика центрального банку та її ефективність також можуть впливати на заякорення інфляційних очікувань, що зменшує персистентність інфляційних шоків.

Роль інфляційних очікувань у досягненні та утриманні цінової стабільності підкреслюють основні засади монетарної політики багатьох центральних банків країн з ринками що розвиваються, зокрема і Національного банку України. Відповідно до Основних засад монетарної політики Національного банку України (НБУ, 2022), в окремі короткострокові періоди інфляція може відхилитися від встановленої цілі через вплив зовнішніх і внутрішніх шоків, які перебувають поза ефективним впливом монетарної політики НБУ. Національний банк допускатиме тимчасове відхилення інфляції від встановленої цілі, якщо це не створюватиме загрози

розбалансування інфляційних очікувань та не перешкоджатиме поверненню інфляції до цілі на прийнятному горизонті політики. Крім того, одним із головних критеріїв успішності монетарної політики визначається закореність інфляційних очікувань на рівні цільового показника з інфляції.

Враховуючи важливість інфляційних очікувань для монетарної політики, центральні банки та академічна спільнота виділяють значні ресурси для моделювання впливу інфляційних очікувань на інфляцію. Ці моделі намагаються охопити складні взаємозв'язки між інфляційними очікуваннями, фактичною інфляцією та іншими макроекономічними показниками, такими як обсяг виробництва та безробіття. У даній публікації розглянуто окремі підходи до моделювання впливу інфляційних очікувань на інфляцію. Розуміння цих моделей необхідне для розвитку процесу та кращого обґрунтування прийняття рішень з монетарної політики, що сприятиме досягненню кращих результатів для національної економіки.

Теоретичні моделі, розроблені Phelps (1967) та Friedman (1968) були першими, які явно включали інфляційні очікування до кривої Філіпса – синтезу співвідношення між цінами та показниками ринку праці. Ці моделі передбачали, що агенти адаптують свої очікування щодо майбутньої інфляції, ґрунтуючись на своєму досвіді сприйняття минулої інфляції. Проте моделювання очікувань як ретроспективних не було прийнятним для всіх контекстів. Ці занепокоєння спонукали Lucas (1972) включити до попередніх моделей припущення щодо раціональних очікувань. Моделі з раціональними очікуваннями передбачають, що агенти мають доступ до всієї корисної інформації, включаючи про поточну та майбутню економічну політику, і використовують її для формування своїх прогнозів щодо майбутньої інфляції. Раціональні очікування в подальшому використовуються в новокейсіанській кривій Філіпса (НКРС), яка лежить в основі домінуючого підходу до макроекономічного моделювання.

За стратегії інфляційного таргетування рішення з монетарної політики часто формуються на основі відхилення прогнозу майбутньої інфляції від оголошеної інфляційної цілі, зокрема прогноз інфляції може виступати як

проміжна ціль монетарної політики. Для формування прогнозу інфляції центральні банки використовують систему аналізу та прогнозування монетарної політики. Згідно з дослідженням Nikolaychuk та Sholomytskyi (2015), існує кілька різних класів макроекономічних моделей, які використовувалися як базові моделі для цілей монетарної політики в процесі формування монетарної політики центральних банків. До найвідоміших моделей такого типу відносять:

- моделі великого масштабу, які використовують емпіричні взаємозв'язки на основі економетричних оцінок. Однак інтерес до цих моделей знизився через критику з боку робіт Lucas (1976) і Sims (1980);
- структурні VAR-моделі, які стали популярними після праці Sims (1980) завдяки своїй простоті використання та здатності поєднувати статистичні дані та теоретичні обмеження;
- напівструктурні моделі – поєднують довгострокові зв'язки, що слідують з теоретичних моделей, базованих на мікроекономічному підґрунті, з рівняннями, які відображають короткострокову динаміку. Це забезпечує хороші статистичні властивості, зберігаючи при цьому бажані рівноважні властивості економіки;
- динамічні стохастичні моделі загальної рівноваги (DSGE) – структурні моделі, які базуються на мікроекономічному підґрунті, розв'язок яких визначає динаміку всіх ендогенних змінних з припущеннями щодо впливу стохастичних шоків на динаміку змінних та рівності пропозиції і попиту на всіх ринках у всі періоди.

Останні два класи моделей є найбільш поширеними у сучасній практиці центральних банків реалізації систем аналізу й прогнозування монетарної політики. Інфляційні очікування входять у напівструктурні макроекономічні моделі та DSGE моделі через різні канали, хоча механізм їх трансмісії в економіці може певною мірою відрізнитися в залежності від ключових припущень.

Напівструктурні моделі можуть моделювати раціональні очікування (узгоджені з моделлю та суто перспективні) або пов'язувати інфляційні

очікування зі спостережуваними показниками, такими як опитування аналітиків, фірм або домогосподарств. У таких моделях є місце для ретроспективного компонента очікувань, що може відображати сумніви агентів у спроможності монетарної політики щодо повернення до цінової стабільності на (прогнозному) горизонті монетарної політики. У моделях такого класу інфляційні очікування впливають на економіку через три основні канали, як описує Cecchetti та ін. (2021) для квартальної економетричної моделі Банку Італії:

- сукупного попиту: зміни в довгострокових інфляційних очікуваннях впливають на реальну відсоткову ставку, яка визначає вибір домогосподарств між споживанням та заощадженнями, а також інвестиційні плани фірм. У рамках цього каналу підвищення інфляційних очікувань пов'язане з розширенням внутрішнього попиту та ВВП. На другому етапі тиск попиту тоді матиме вплив на ціни;

- цінова крива Філіпса або її модифікації: короткострокові інфляційні очікування є ключовим фактором під час переговорів щодо заробітної плати. Погіршення інфляційних очікувань спричиняє підвищення заробітної плати та вартості робочої сили, що переноситься на споживчі ціни. У той же час, вищі витрати на виробництво визначають поступову втрату конкурентоспроможності, що потенційно може негативно вплинути на експорт. Вплив на реальний ВВП по цьому каналу є негативним;

- обмінного курсу: миттєва зміна обмінного курсу може відбутися після шоку інфляційних очікувань, зокрема через реакцію монетарної політики. У разі зростання очікуваної інфляції зниження обмінного курсу підвищує ціни на імпортовані товари і, відповідно, впливає на купівельну спроможність домогосподарств. Негативний вплив на внутрішній попит компенсується підвищенням конкурентоспроможності, що підтримує експорт і внутрішнє виробництво.

У традиційних динамічних стохастичних моделях загальної рівноваги (DSGE) ґрунтовний опис економічної сфери забезпечується поєднанням рівняння Ейлера, НКРС (New Keynesian Phillips curve) та правила

монетарної політики типу Тейлора для номінальної відсоткової ставки. В моделях такого типу інфляційні очікування впливають на інфляцію через (Galí, 2015):

- рівняння Ейлера, згідно з яким оптимальний міжчасовий вибір домогосподарств між споживанням та заощадженнями відносно максимізації корисності обернено залежить від поточних та майбутніх (очікуваних) реальних відсоткових ставок. Зміна очікувань інфляції i , в свою чергу, зміна сприйняття реальних відсоткових ставок змінює споживання домогосподарств: ріст інфляційних очікувань за незмінної номінальної ставки знижує реальну відсоткову ставку, за якої домогосподарства все більше віддаватимуть перевагу споживанню сьогодні порівняно із споживанням у майбутньому та скорочуватимуть свої заощадження за інших рівних умов;

- криву НКРС з раціональними очікуваннями, отримана в результаті розв'язання міжчасової проблеми ціноутворення фірми відносно максимізації прибутку з урахуванням ступеня конкуренції на ринку. Передбачається, що на агрегованому рівні реальні граничні витрати та інфляційні очікування визначають поточну інфляцію.

Варто зазначити, що вплив інфляційних очікувань на інфляцію може залежати від макроекономічного середовища та бути нелінійним. Тому протягом тривалих періодів високої інфляції важливою ціллю монетарної політики є забезпечення закорення довгострокових інфляційних очікувань, що передбачає наявність довіри з боку економічних агентів до зобов'язання центрального банку повернути інфляцію до цілі. На перенесення інфляційних очікувань на інфляцію також можуть мати вплив наступні фактори:

- рівень економічної активності, стан ринку праці та персистентність інфляції. Наприклад, у періоди високого безробіття та слабого попиту інфляційні очікування можуть не мати такого сильного впливу на інфляцію, оскільки фірми можуть неохоче підвищувати ціни, навіть якщо вони очікують вищої інфляції. Водночас, якщо інфляція є високою та її важко сповільнити, то перенесення інфляційних очікувань може стати більш значущим, що призведе до пришвидшення інфляції;

- можна припустити, що потужність механізмів перенесення буде залежати загалом від вищого рівня інфляційних очікувань, оскільки домогосподарства та фірми можуть уважніше відстежувати новини, пов'язані з інфляційною динамікою та активніше коригувати свою поведінку;
- ступінь жорсткості заробітної плати та цін у бік зниження може вплинути на здатність фірм коригувати свої ціни та заробітну плату у відповідь на зміну очікувань інфляції. Якщо ціни та заробітна плата дуже жорсткі, то канал через криву Філіпса може бути менш ефективним у перенесенні інфляційних очікувань на інфляцію;
- відкритість економіки насамперед може вплинути на канал обмінного курсу, оскільки більш відкрита економіка може бути сприйнятливішою до коливань обмінного курсу у відповідь на інфляційні очікування;
- коли ключова ставка монетарної політики наближається до ефективної нижньої межі, центральному банку стає все складніше стимулювати економіку за допомогою традиційних інструментів. У результаті переходу центрального банку до неконвенційної монетарної політики вплив зміни інфляційних очікувань на інфляцію може стати більш значним;
- формування агентами своїх очікувань та роль довіри до центрального банку в цьому процесі. Якщо центральний банк користується високою довірою серед економічних суб'єктів, то інфляційні очікування можуть бути міцніше заякорені, що знижує вплив інфляційних очікувань на інфляцію. З іншого боку, якщо економічні суб'єкти формують свої очікування на основі минулої інфляції, тоді інфляція може стати більш персистентною.

Висновки

Проведений аналіз численних літературних джерел, присвячених проблематиці аналізу та моделювання впливу інфляційних очікувань на макроекономічні індикатори засвідчив, що переважна більшість стандартних макроекономічних моделей гуртуються на припущенні, що монетарна політика повинна мати можливість впливати на приватний сектор споживання част-

ково через інфляційні очікування. Перевірка цього припущення проводиться через поєднання статистичної інформації про значення макроекономічних індикаторів з даними опитувань та кількісне оцінювання взаємозв'язків між потрясіннями та схильністю до споживання економічних агентів, перш за все домогосподарств.

У статті висвітлено різні підходи до моделювання впливу інфляційних очікувань на інфляцію, починаючи з ранніх моделей з адаптивними очікуваннями, і закінчуючи новокейсіанською кривою Філіпса, яка є основою сучасних моделей макроекономіки. Центральні банки використовують різні класи макроекономічних моделей для формування своїх прогнозів, включаючи моделі великого масштабу, структурні VAR-моделі, напівструктурні моделі та динамічні стохастичні моделі загальної рівноваги (DSGE). Останні два класи моделей є найбільш поширеними у сучасній практиці центральних банків. Інфляційні очікування входять у макроекономічні моделі через різні канали, хоча механізм їх трансмісії в економіці може бути складним і неоднозначним.

Напівструктурні моделі є ефективним інструментом моделювання інфляційних очікувань, які впливають на економіку через три основні канали: сукупний попит, цінову криву Філіпса та обмінний курс. Ці моделі можуть враховувати ретроспективний компонент очікувань, що відображає сумніви агентів щодо ефективності монетарної політики, та пов'язувати модельні інфляційні очікування зі спостережуваними показниками. У традиційних DSGE моделях, які включають правило монетарної політики типу Тейлора для номінальної відсоткової ставки та криву НКРС з раціональними очікуваннями, інфляційні очікування впливають на інфляцію через рівняння Ейлера та криву НКРС, що визначає поточну інфляцію на агрегованому рівні.

Вплив інфляційних очікувань на інфляцію є комплексним, може залежати від макроекономічного середовища та бути нелінійним. Протягом тривалих періодів високої інфляції, монетарна політика повинна спрямовуватися на забезпечення закорення довгострокових інфляційних очікувань, що передбачає наявність довіри з боку економічних агентів до зобов'язання

центрального банку повернути інфляцію до цілі на прийнятому горизонті політики. Рівень економічної активності, стан ринку праці, персистентність інфляції також можуть впливати на перенесення інфляційних очікувань на інфляцію, разом зі ступенем жорсткості заробітної плати та цін у бік зниження та відкритістю економіки. Крім того, коли ключова ставка монетарної політики наближається до ефективної нижньої межі, центральному банку стає все складніше стимулювати економіку за допомогою конвенційних інструментів, тому вплив зміни інфляційних очікувань на інфляцію може стати більш значним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Messner, T., & Rumler, F. (2023). Inflation expectations of Austrian households and firms amid high inflation. *Monetary Policy & the Economy*, 55. URL: <https://www.oenb.at/Publikationen/Volkswirtschaft/Geldpolitik-und-Wirtschaft/2023/monetary-policy-and-the-economy-q4-22-q1-23/monetary-policy-and-the-economy-q4-22-q1-23.html>
2. Pedemonte, M., Toma, H., & Verdugo, E. (2023). Aggregate Implications of Heterogeneous Inflation Expectations: The Role of Individual Experience. Federal Reserve Bank of Cleveland, Working Paper, No. 23-04. DOI: <https://doi.org/10.26509/frbc-wp-202304>
3. Bordo, P., Gennaioli, N., Ma, Y., & Shleifer, A. (2020). Overreaction in macroeconomic expectations. *American Economic Review*, 110(9), 2748-82. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.20181219>
4. Bianchi, F., Ilut, C. L., & Saijo, H. (2021). Diagnostic business cycles. National Bureau of Economic Research Working Paper, 28604. DOI: <https://doi.org/10.3386/w28604>
5. Bordo, P., Gennaioli, N., & Shleifer, A. (2018). Diagnostic expectations and credit cycles. *The Journal of Finance*, 73(1), 199-227. DOI: <https://doi.org/10.1111/jofi.12586>
6. Roth, C., & Wohlfart, J. (2020). How do expectations about the macroeconomy affect personal expectations and behavior?. *Review of Economics and Statistics*, 102(4), 731-748. DOI: https://doi.org/10.1162/rest_a_00867
7. Grigoli, F., & Sandri, D. (2023). Public debt and household inflation expectations. Bank for International Settlements Working Papers, No 1082. URL: <https://www.bis.org/publ/work1082.htm>
8. Neri, S. (2023). Long-term inflation expectations and monetary policy in the euro area before the pandemic. *European Economic Review*, 104426. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2023.104426>
9. Breitenlechner, M., Geiger, M., & Scharler, J. (2023). Monetary policy announcements, consumers' inflation expectations, and readiness to spend. *Macroeconomic Dynamics*, 1-22. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1365100523000020>
10. Diegel, M., & Nautz, D. (2021). Long-term inflation expectations and the transmission of monetary policy shocks: Evidence from a SVAR analysis. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 130, 104192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2021.104192>

11. Basse, T., & Wegener, C. (2022). Inflation expectations: Australian consumer survey data versus the bond market. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 203, 416-430. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2022.09.013>
12. Bernanke, B. (2022). Inflation Expectations: Determinants and Consequence. Keynote, Inflation Expectations and Monetary Policy. National Bureau of Economic Research Lectures. URL: <https://www.nber.org/lecture/2022-inflation-expectations-determinants-and-consequence-keynote-ben-bernanke-inflation-expectations>
13. Національний банк України (2022). Основні засади грошово-кредитної політики на 2022 рік та середньострокову перспективу. URL: https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/MPG_2022-mt.pdf?v=4
14. Phelps, E. S. (1967). Phillips curves, expectations of inflation and optimal unemployment over time. *Economica*, 34(135), 254-281. DOI: <https://doi.org/10.2307/2552025>
15. Friedman, M. (1968). The Role of Monetary Policy. *American Economic Review*, 58, 1-17. URL: <https://www.jstor.org/stable/1831652>
16. Lucas Jr, R. E. (1972). Expectations and the Neutrality of Money. *Journal of economic theory*, 4(2), 103-124. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(72\)90142-1](https://doi.org/10.1016/0022-0531(72)90142-1)
17. Nikolaychuk, S., & Sholomytskyi, Y. (2015). Using macroeconomic models for monetary policy in Ukraine. *Visnyk of the National Bank of Ukraine*, 233, 54-64. DOI: <https://doi.org/10.26531/vnbu2015.233.054>
18. Lucas, R.J. (1976). Econometric policy evaluation: A critique. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1(1), 19-46. [https://doi.org/10.1016/S0167-2231\(76\)80003-6](https://doi.org/10.1016/S0167-2231(76)80003-6)
19. Sims, C.A. (1980). Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, 48(1), 1-48. <https://doi.org/10.2307/1912017>
20. Cecchetti, S., Fantino, D., Riggi, M., Notarpietro, A., Tagliabracchi, A., Tiseno, A., & Zizza, R. (2021). Inflation expectations in the euro area: indicators, analyses and models used at Banca d'Italia. *Bank of Italy Occasional Paper*, (612). URL: <https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni/qef/2021-0612/>
21. Galí, J. (2015). *Monetary policy, inflation, and the business cycle: an introduction to the new Keynesian framework and its applications*. Princeton University Press.

1.7. Impact of features of funding mechanisms of healthcare systems on their efficiency in EU countries

Introduction

Population health is one of the important priorities of the modern society development. For some last decades in the advanced countries of the world we observed essential progress in achievements of medical science, technologies of diagnostics and treatment that has resulted in substantial growth of life expectancy, the improvement of its quality [3, 6, 7, 10, 16, 17, 18]. The high life expectancy greatly depends on the level of economic development of the country and population incomes. The high level of economic development of the country and population incomes made possible to increase the financing of national public health care system, to use modern achievements of medical science and engineering, to improve system of medical education, to attract more qualified staff etc. [5, 8, 9, 12, 13, 15].

Nevertheless, many papers and reports note that the significant differences in public health services systems and their financing in the OECD countries are existed and the influence and the support of public health services systems are essentially varied. In addition, human and material resources in national health systems have some specifics, which can be explained by different factors and features of the organizational mechanisms. Thus all these reasons influence the efficiency of public health services systems in the various countries and it relates with availability of medical services to wide layers of the population [7, 15, 16, 17, 18].

It is should be noted that the problem of efficiency and equality in healthcare systems is emphasized by many scientists and researchers as one of the important issue for development of national health policy [3, 7, 18, 21]. The problems of efficiency were considered in the works written by D. Chisholm, J. Cylus, I. Papanicolas, P. Smith, A. Dixon, I. Joumard, C. André, C. Nicq, M. Kostičová, V. Ozorovský, L. Badalík, G. Fabian, L. Guryanova, A. Ostenda, etc. [3, 4, 6, 14, 17, 18, 22].

The definitions of efficiency of health systems are varied and there are different indexes and approaches used for its measuring, also the problems of relation of efficiency and efficacy terms with other socio-economic factors and quality of healthcare services should be taken into account [4, 11, 18, 22].

Let consider the terms of efficiency and efficacy and specifics of measuring efficiency in healthcare. According to the definition “Effectiveness is the degree to which processes result in desired outcomes, free from error and is appropriate to the clinical needs and based on the best current evidence” [11, 18]. Also effectiveness as a measure is considered by other authors as comparison between actual performance and the performance that ideally or under special conditions, could be expected to achieve. Efficiency is the system’s optimal use of available resources to yield maximum benefits or results. Donabedian understands efficiency as a system’s ability to function at lower costs without diminishing attainable and desirable results [11, 18]. In some articles some scientists consider health care efficiency is a comparison of delivery system outputs, such as physician visits, relative value units, or health outcomes, with inputs like cost, time, or material [4]. Thus, efficiency can be reported then as a ratio of outputs to inputs or a comparison to optimal productivity using stochastic frontier analysis or data envelopment analysis [11]. Effectiveness is the degree to which something is successful in produced a desired result and efficacy is the ability to produce a desired or intended result [18].

There are different approaches based on the using one indicator for evaluation the efficiency in healthcare [1, 3, 14, 17]. One of the approach is based on the calculation of integral indexes [1, 14]. The importance to consider the set of different factors, their grouping and calculation of integral indexes are considered in paper E. Benova et al [1]. The relation of efficiency and quality of healthcare services, application of objective indicators (birth rate, infant mortality rates, prevalence of diseases, mortality rates, life expectancy) and subjective indicators based on the surveys and evaluation of self-assessment of health or satisfaction in the provision of healthcare services are described in paper A. Ostenda et al [22].

In the same time, it is necessary to characterize the relation of efficiency and efficacy with cost-benefit analysis [11]. The problems of relation of efficiency with financial mechanisms and their regimes should be taken into account. Thus, the brief analysis of tendencies of funding healthcare systems in the EU was carried out in some recent papers [5, 9, 13] and the classification of mechanisms of funding healthcare in the EU and their regimes are studied [8].

Thus, the problem of the analysis of efficiency of healthcare systems should be studied more detail, it is necessary to apply the system approach and to reveal the causal relations of efficiency of healthcare with different socio-economic, demographic factors, financial and organization mechanisms, capacities and key performance indicators in healthcare.

The purposes in this work are: to consider the problem of relation between financial mechanisms of healthcare and the quality of healthcare services and satisfaction of patients on the example of the EU countries; to study the relation between general government expenditure on health per capita and health life years, self-perceived health state, etc.

The main results and findings

Life expectancy is an important health status indicator based on average number of years a person at given age may be expected to live given current mortality rates. Life expectancy at birth is a common measure used to compare health status in and between countries. Life expectancy summarizes in, a standardized format, current information on the health situation of all age and sex groups of population [18]. During last years the visible annual trends are observed in life expectancy dynamics across countries. On the basis of some research and calculation it is shown, that rather high factor of correlation between parameters of average life expectancy and expenditures on financing the public health care system is observed [12, 18]. At the same time the average life expectancy depends not only on the level of financing of public health care system, but also on its efficiency and availability [1, 3, 17, 18]. Efficiency of the health care is the optimal use of available resources in this branch to gain highest benefits or result.

Availability of health care services is the opposite measure to inequalities. Inequalities in health care comprise inequalities in health status itself and inequalities in finance and delivery of health services.

It is important to study the relationship between life expectancy and GDP per capita (Fig. 1). As we can see this relation may be explained as non-linear function of life expectancy indicator from GDP per capita. Coefficient of determination (R-squared) is equal to 0,58 for this non-linear function. The value of the coefficient of determination is relatively big, but we should take into account the influence of other deterministic and stochastic factors on the life expectancy.

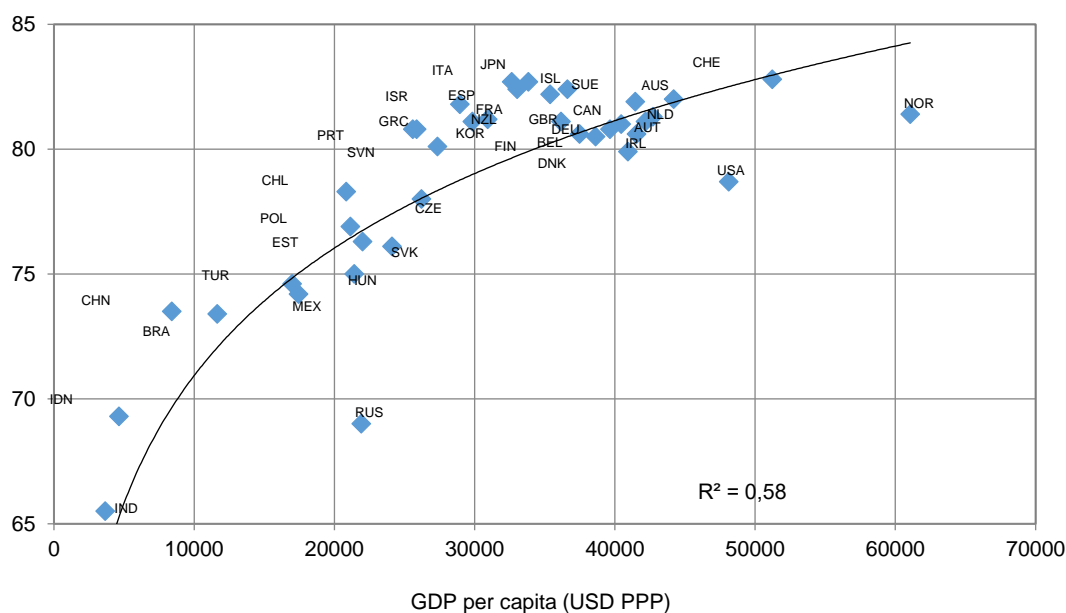


Fig. 1. Dependence between Life Expectancy and GDP per capita

Source: OECD Health Statistics 2013, <http://dx.doi.org/10.1787/health-data-en>; World Bank for non-OECD countries

Another important indicator to study the efficiency of health care services is potential years of life lost under 70 years per 100 thousands of population. In table 1 the estimated potential years of life lost under 70 years per 100 thousands of population for EU countries is given.

As it is seen from the data presented in table 1, the huge potential years of life lost under 70 years is connected with cancer and malignant neoplasm diseases.

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

Due to the complex health care services and disease prevention the indicators of potential years of life lost under 70 years can be significantly reduced.

Table 1

Potential years of life lost under 70 years per 100 thous. of population

Country	Ischaemic Heart Disease		Cerebrovascular disease		Cancer	
	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Austria	235.3	830.8	157.7	238.0	1203.9	1508.3
Belgium	127.5	544.3	142.0	183.4	1232.5	1683.4
Denmark	246.6	809.2	181.6	197.7	1556.2	1479.8
Finland	190.3	1206.2	208.2	340.1	943.5	1148.7
France	61.4	380.5	100.3	191.4	1011.5	1936.4
Germany	214.9	860.4	149.5	227.4	1306.3	1649.7
Greece	148.6	781.1	165.8	275.2	961.6	1424.9
Ireland	300.4	1305.7	151.7	206.0	1372.4	1457.3
Italy	115.2	562.2	155.0	220.2	1125.8	1625.3
Luxembourg	181.1	731.4	234.8	179.1	1249.8	1634.7
Netherlands	198.2	692.2	134.2	164.1	1266.5	1448.7
Portugal	157.1	617.1	279.6	533.4	1119.3	1569.9
Spain	93.1	523.6	121.9	237.0	1000.3	1694.3
Sweden	67.6	746.0	115.3	183.8	1108.3	991.7
UK	311.5	1198.9	172.4	208.2	1370.6	1398.7
EU Average	187.2	803.2	166.3	243	1185.4	1497.7

Source: Jakubowski E., Busse R. Health Care Systems in the EU. A Comparative Study. Working Paper. European Parliament. Luxembourg. 1998.

At first, it is necessary to emphasize on the complicate relation between funding of healthcare, health life years and perceived health state.

Let analyze the relationship between general government expenditure on health per capita, health life years and perceived health state. For this analysis the correlation coefficients were calculated and the plots were given.

In the Fig. 2 the relation between general government expenditure per capita and indicator of self-perceived health is shown. As it is clear seen from the table and simple regression model (Fig. 2), the correlation is low between general

government expenditure per capita and share of persons aged 16 years or over with very good or good self-perceived health.

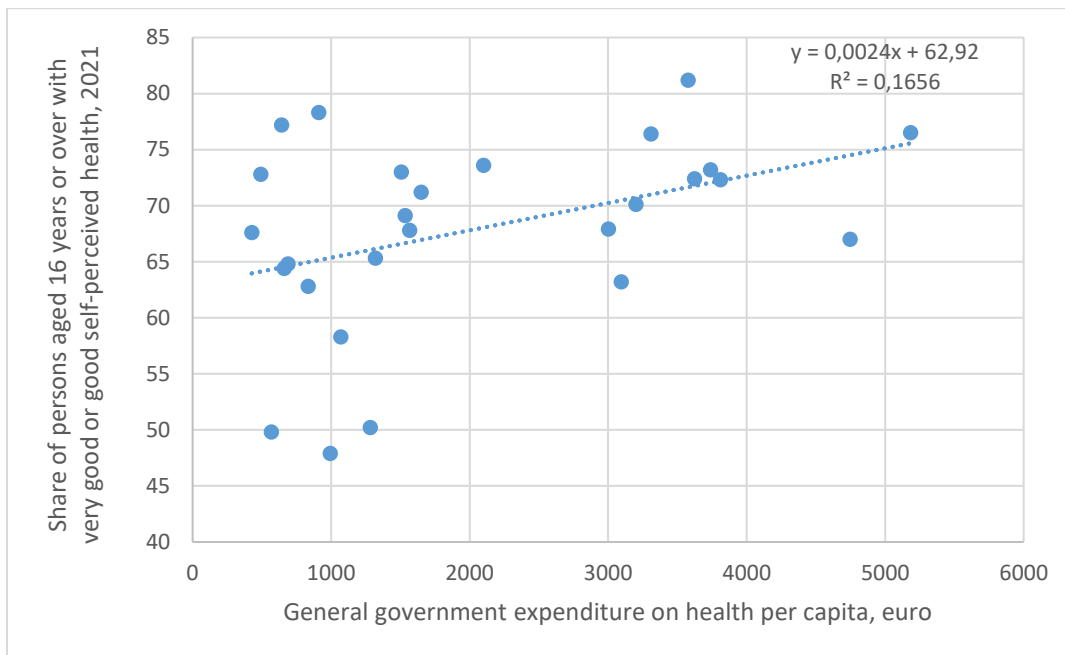


Fig. 2. The relationship between indicator of self-perceived health and general expenditure on health per capita (2021)

Source: own elaboration

In Fig. 3 and Fig. 4 the relation between health life years in absolute value at birth and indicator of self-perceived health for males are given females.

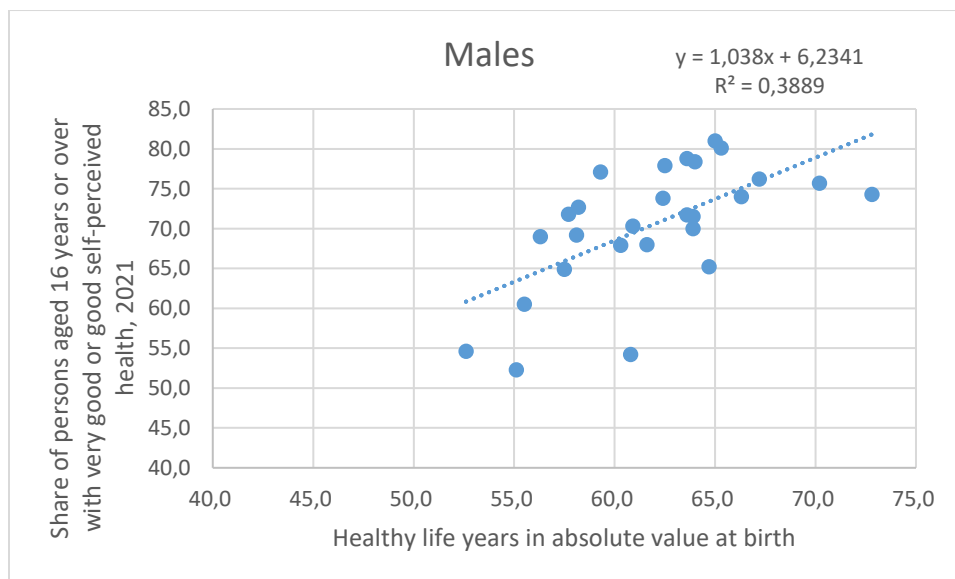


Fig. 3. The relationship between indicator of self-perceived health and health life years in absolute value at birth for males (2021)

Source: own elaboration

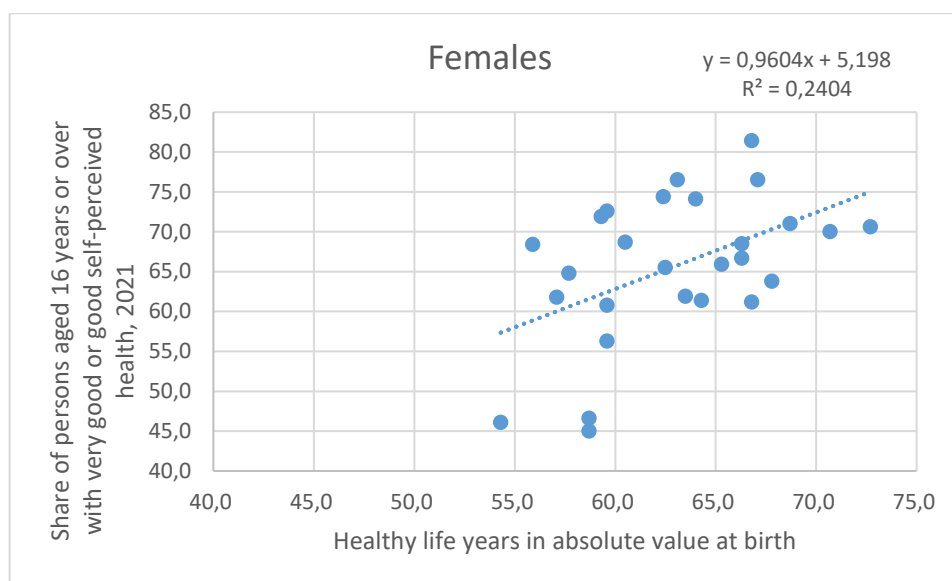


Fig. 4. The relationship between indicator of self-perceived health and health life years in absolute value at birth for females (2021)

Source: own elaboration

As an interesting result we can see that the power of relation between indicator of self-perceived health and health life years in absolute value at birth for males are higher than in case with females. Thus, the indicator of self-perceived health for female reflects influence of more subjective factors than the case with males. Nevertheless, it is necessary to mention the role of other measured and unmeasured factors which can have an impact on share of persons aged 16 years or over with very good or good self-perceived health. In the same time, life expectancy is more argued factors which reflects impact of personal and environmental factors more clearly. For example, life expectancy will dependent from individual health, life style, social safety, social standards, social safety and development of health care services, ecological factors, etc.

It is possible to reveal factors influencing the development of health care expenditure such as: influence of prosperity and the improvement in the standard of living; the accessibility of care; the quality of healthcare; the use of new medical technologies; demography, aging population and needs of long-term care.

In the table 2 the results of grouping EU countries to clusters according to regimes of healthcare funding are presented. In this research three macroeconomic indicators such as: total government expenditure on health as % of GDP

(TGEH1); total government expenditure on health as % of total general government expenditure (TGEH2); total government expenditure on health per capita (TGEH3) were used.

Thus, first indicator TGEH1 characterizes more the government policy in healthcare; second indicator TGEH2 describes budget policy and social policy of the government in its relation to healthcare; third indicator TGEH3 shows the level of economic development of the country, well-being and relative values of the expenditure on health per capita, which are higher in rich and well-developed countries.

Table 2

The characteristics of clusters for grouping the EU-28 countries according the different regimes of funding healthcare during period of 2000-2017

Indicator	Variable	Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5	
		Cluster contains 21 cases		Cluster contains 92 cases		Cluster contains 93 cases		Cluster contains 111 cases		Cluster contains 187 cases	
		Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
TGEH ₁	X	6,75	1,86	7,23	0,92	6,64	0,77	6,34	0,79	4,8	1,16
TGEH ₂	Y	13,58	2,26	15,12	1,97	14,03	1,41	14,36	2	11,71	2,5
TGEH ₃	Z	4007,3	342,6	2860,8	251,59	2030,0	237,0	1141,2	214,5	446,2	199,4

Source: Dubrovina N. et al. Classification of financial mechanisms of healthcare systems in the countries of European Union. In: Itema 2020. Conference Proceedings. 4th International Scientific Conference on Recent Advances in Information Technology, Tourism, Economics, Management and Agriculture – ITEMA 2020, Belgrade. – s. 172.

The interpretation of the clusters can be made by means plot presented in Fig. 5. Thus, Cluster 1 characterizes the highest value of total government expenditure on health per capita (Z), the means for X (total government expenditure on health as % of GDP) and Y (total government expenditure on health as % of total general government expenditure) have relatively high values, but not the biggest. Cluster 2 contains cases of the countries, where the mean of X and mean of Y are the biggest, and they have very high value of Z in comparison with countries

in other clusters, such as: Cluster 4 and Cluster 5. Cluster 3 has relatively high all values of indicators in comparison with Cluster 4 and Cluster 5, but lower than in Cluster 1 and Cluster 2. Cluster 4 contains characterizes relatively high values for indicators X and Y, but relatively low level of Z. Cluster 5 characterizes the lowest mean values for all indicators, this is “trap of poverty” included post socialist and emerging countries [8].

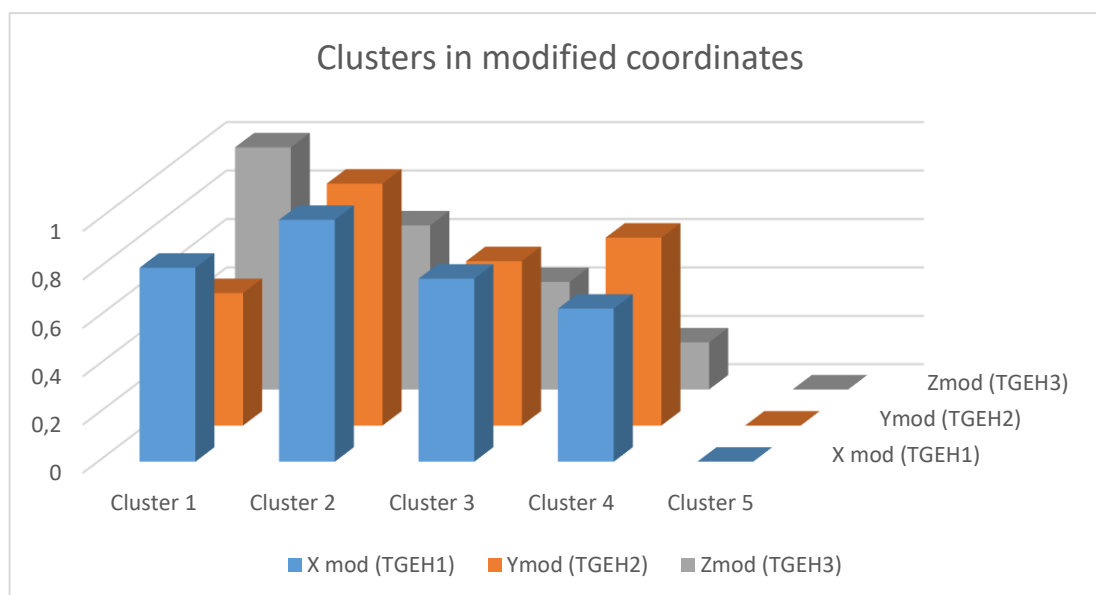


Fig. 5. Presentation of clusters in modified coordinates for description of regime of healthcare funding according to indicators TGEH1, TGEH2 and TGEH3

Source: own elaboration

In the same time, the regimes of healthcare funding in EU countries should be characterized more detail by description of their national features and mechanisms of the allocation of financial resources on the different level and for different medical institutions.

In this research the grouping EU countries to clusters was made in the purpose to study the distribution of general government expenditure on health according to different levels: Central government (F_C); State government (F_S); Local government (F_L) and Social Funds (F_SF).

The results of the cluster analysis are given in table 3 and the plot of average values in the clusters is presented in Fig. 6.

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

It should be noted that the level of centralization or decentralization of healthcare funding in EU countries depends on the features of public budgets and tax systems in the different countries, as well as the historical traditions and reforms towards the increasing decentralization should be taken into account.

Table 3

Characteristics of the clusters for distribution of general government expenditure on health according to different levels for period 2000-2017

Indicator	Variable	Cluster 1		Cluster 2		Cluster 3		Cluster 4		Cluster 5	
		Cluster contains 18 cases		Cluster contains 199 cases		Cluster contains 105 cases		Cluster contains 79 cases		Cluster contains 103 cases	
		Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
F_C(%)	Y1	4,44	0,43	32,2	11,38	12,58	8,51	24,95	12,85	95,04	8,29
F_S(%)	Y2	87,47	10,75	2,17	6,89	1,47	2,69	0	0	0	0
F_L(%)	Y3	1,55	0,48	16,98	10,69	1,72	1,19	71,93	14,6	4,95	8,29
F_SF(%)	Y4	6,54	10	48,65	8,43	84,23	8,05	3,12	5,26	0,02	0,05

Source: own elaboration in Statistica

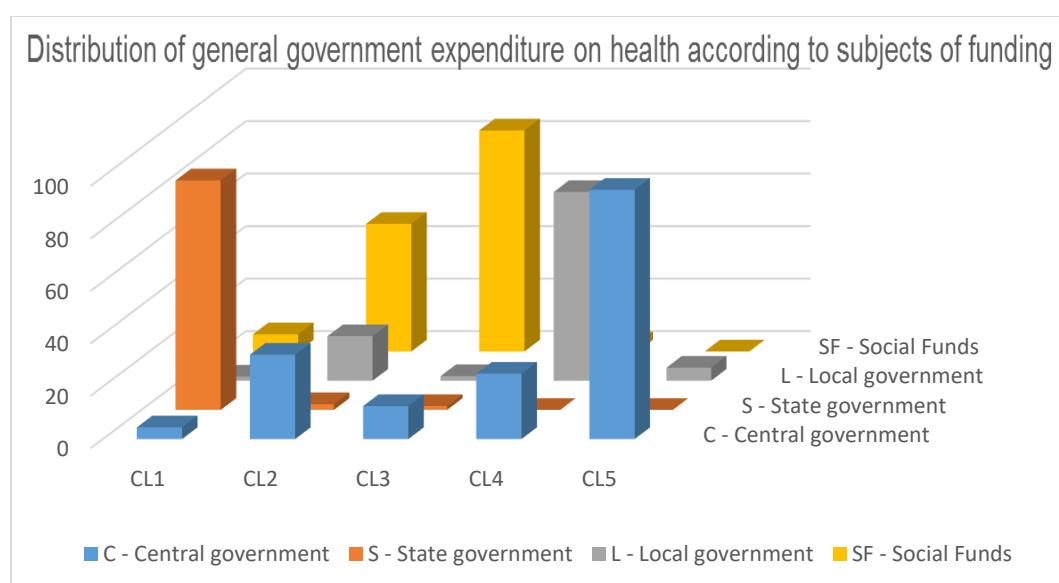


Fig. 6. Distribution of general government expenditure on health according to different levels in clusters (%)

Source: own elaboration

МОДЕЛЮВАННЯ
ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

As it was mentioned earlier, it is important to analyze impact of financial mechanisms of healthcare funding on the indicators of satisfaction of health care services and indicators of health life years.

In tables 4 and 5 the relationship between clusters describing financial regimes and indicators of satisfaction of health care services in EU countries are presented for 2009 and 2013.

Table 4

Relation between clusters describing financial regimes and indicators of satisfaction of health care services in EU countries in 2009

	Characteristics	Very good	Fairly good	Fairly bad	Very bad	Total 'Good'	Total 'Bad'	Best case	Country	Worst case	Country
Cluster 1	Mean	0,23	0,65	0,1	0,02	0,88	0,12	Max	Luxembourg	Min	Denmark
	Standard deviation	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,88		0,87	
Cluster 2	Mean	0,27	0,59	0,09	0,04	0,86	0,13	Max	Belgium	Min	Ireland
	Standard deviation	0,14	0,12	0,1	0,07	0,19	0,17	0,97		0,53	
Cluster 3	Mean	0,18	0,63	0,14	0,03	0,81	0,18	Max	France	Min	Italy
	Standard deviation	0,12	0,1	0,11	0,04	0,15	0,15	0,91		0,54	
Cluster 4	Mean	0,06	0,52	0,32	0,09	0,58	0,41	Max	Spain	Min	Greece
	Standard deviation	0,04	0,18	0,14	0,08	0,22	0,22	0,81		0,25	
Cluster 5	Mean	0,01	0,24	0,43	0,26	0,25	0,69	Max	Malta	Min	Romania
	Standard deviation	0,09	0,16	0,15	0,09	0,22	0,22	0,81		0,25	

Source: own elaboration

As it is seen from these tables in clusters with the different financial regimes it is possible to find the best and worst cases of countries, where the indicators of satisfaction of health care services were highest and lowest respectively. It means that in each cluster with certain regime of funding healthcare the seeking best solution for organization and management of healthcare should be studied.

Taking into account some subjective character of satisfaction of health care services, it is necessary to analyze other more objective indicators like healthy life years calculated for males and females.

In tab. 6 the results of grouping EU countries to clusters on healthy life years are given for 2016, 2018 and 2020.

Table 5

Relation between clusters describing financial regimes and indicators of satisfaction of health care services in EU countries in 2013

Clusters for financial regimes	Characteristics of satisfaction of health care services in clusters	Very good	Fairly good	Fairly bad	Very bad	Total 'Good'	Total 'Bad'	Best case	Country	Worst case	Country
Cluster 1	Mean	0,25	0,64	0,1	0,01	0,89	0,11	Max	Luxembourg	Min	Denmark
	Std. Dev.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,9			
Cluster 2	Mean	0,28	0,6	0,09	0,02	0,88	0,11	Max	Belgium	Min	Ireland
	Std. Dev.	0,1	0,07	0,06	0,04	0,11	0,1	0,97			
Cluster 3	Mean	0,18	0,53	0,22	0,07	0,71	0,28	Max	United Kingdom	Min	Italy
	Std. Dev.	0,18	0,02	0,15	0,05	0,21	0,2	0,85			
Cluster 4	Mean	0,11	0,54	0,25	0,09	0,65	0,35	Max	Malta	Min	Greece
	Std. Dev.	0,11	0,15	0,14	0,1	0,23	0,23	0,94			
Cluster 5	Mean	0,05	0,44	0,35	0,13	0,49	0,49	Max	Estonia, Cyprus	Min	Romania
	Std. Dev.	0,04	0,17	0,1	0,1	0,2	0,19	0,73			

Source: own elaboration

Table 6

Characteristics of the clusters for distribution of EU countries on healthy life years

Indicator	Variable	Cluster HL 1		Cluster HL 2		Cluster HL 3		Cluster HL 4		Cluster HL5	
		Cluster contains 17 cases		Cluster contains 21 cases		Cluster contains 19 cases		Cluster contains 17 cases		Cluster contains 7 cases	
		Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
Healthy life years in absolute value at birth for males	HL1	55,21	1,92	59,90	1,61	62,56	1,47	65,66	1,51	71,59	1,84
Healthy life years in absolute value at 65 for males	HL2	5,29	1,05	8,72	1,60	8,52	1,30	10,50	1,01	13,93	1,48
Healthy life years in absolute value at birth for females	HL3	57,22	2,05	58,39	1,41	63,89	1,21	67,31	1,10	72,13	1,19
Healthy life years in absolute value at 65 for females	HL4	5,61	1,17	8,50	1,99	8,98	1,66	11,08	1,11	14,71	1,56

Source: own elaboration in Statistica

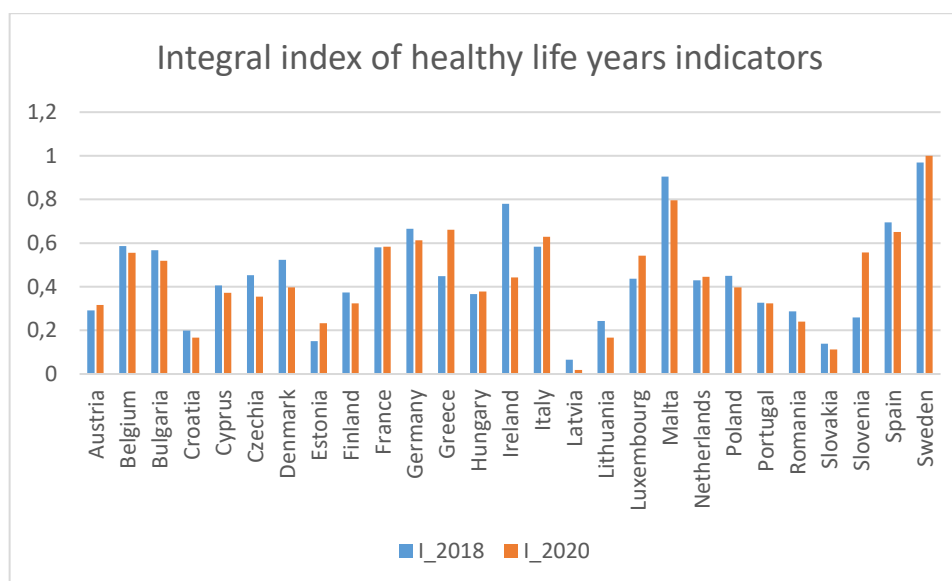


Fig. 7. Values of integral index for healthy life years indicators in 2018 and in 2020

Source: own elaboration

The problem of efficient allocation of financial resources in healthcare and decentralization of financing. The problem of decentralization of financial resources on the different levels in countries of the EU should be considered.

REFERENCES

1. Benova E., Dubrovina N., Boyko V., Zamyatin P. Classification and cluster analysis of health care systems in the OECD countries. *Public Administration and Regional Development. School of Economics and Management in Public Administration. No.2. December, 2014. Vol. X, pp.45-56.*
2. Boulhol H. et al. Improving the Health-Care System in Poland. *OECD Economics Department Working Papers, No. 957 (212). OECD Publishing. 2012.*
3. Chisholm D. Improving health system efficiency as a means of moving towards universal coverage. *Background paper for World health report: Health systems financing: the path to universal coverage. Geneva: WHO. 2010*
4. Cylus, J., Papanicolas, I., Smith. P. *Health System Efficiency: How to make measurement matter for policy and management. European Observatory on Health Systems and Policies.No.46. 2016.*
5. Countries are spending more on health, but people are still paying too much out of their own pockets. *World Health Organization. 2019.*
5. Dixon A. *Learning from international models of funding and delivering health care. Oxford Handbook of Public Health Practice. Oxford University Press. 2006.*
6. Docteur E., Oxley H. *Health-Care Systems: Lessons from the Reform Experience. OECD Health Working papers. No. 9, 2003.*

7. Dubrovina N., Filip S., Dubrovina V. Classification of financial mechanisms of healthcare systems in the countries of European Union. In: *Itema 2020. Conference Proceedings. 4th International Scientific Conference on Recent Advances in Information Technology, Tourism, Economics, Management and Agriculture – ITEMA 2020, Belgrade.* pp. 169-176.
8. Dubrovina N., Gerrard R., Filip S., Dubrovina V. 2021. Modelling the trends of the healthcare funding in the EU countries. *Journal Przegląd europejski.* vol. 2021. No. 1. Warsaw University. pp. 61-80.
9. Dubrovina N., Siwiec A., Ornowski M., Boyko V., Zamiatin P., Zamiatin D., Gerrard R. Chapter 1. Social and Demographic Determinants of the Health State and Life Satisfaction of Population in Poland in monograph “Life Satisfaction. Determinants Psychological Implications and Impact of Quality-of-Life”. Ed. Guillemo Torres. Nova Publishers. New York. USA. 2016.
10. Dubrovina, N., Guryanova, L., Dubrovina, V. Cost analysis as a tools for the analysis of effectiveness and efficiency of health care system. In: *Improving living standards in a globalized world: opportunities and challenges: monograph.* - Editors: Tetyana Nestorenko, Tadeusz Pokusa. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021. pp. 559-565.
11. European Commission. *Joint Report on Health Systems. Occasional Papers, No. 74.* 2010.
12. *Funding health care: options for Europe.* Edited by E.Mossialos, A.Dixon, J.Figueras, J.Kutzin. Open University Press. Philadelphia. USA, 2002. – 327 p.
13. Guryanova L., Dubrovina N., Syrotkina M. Models of evaluation of efficiency of healthcare systems. In: *National Health as Determinant of Sustainable Development of Society.* Editors: N. Dubrovina, S. Filip. Monograph. School of Economics and Management in Public Administration in Bratislava, 2021, pp. 721-732.
14. *Health Care in Central and Eastern Europe: Reform, Privatization and Employment in Four Countries.* International Labour Organization. 2002. 59 p.
15. Jakubowski E., Busse R. *Health Care Systems in the EU. A Comparative Study.* Working Paper. European Parliament. Luxembourg. 1998. 130 p.
16. Joumard, I., André C., Nicq C. *Health Care Systems: Efficiency and Institutions.* OECD. Economics Department Working Papers, No. 769.2010.
17. Kostičová M., Ozorovský V., Badalík L., Fabian G. *An Introduction to Social Medicine.* Bratislava, 2011. – 150 s.
18. *Special Eurobarometer Patient Safety and Quality of Care. (2013).* European Commission. No. 411. 2013 / Wave EB80.2 – TNS Opinion & Social.
19. *Special Eurobarometer Patient safety and quality of healthcare. (2009).* European Commission. No. 327. 2009. / Wave 722. – TNS Opinion & Social.
20. Tavares A., Ferreira P. Public satisfaction with health system coverage, empirical evidence from SHARE data. *Int J Health Econ Manag.* 2020, 229–249.
21. Ostenda A., Dubrovina V., Martynyuk O. Evaluation of quality of services and management in the healthcare system In: *International Relations 2020: Current issues of world economy and politics. Proceedings of scientific works from the 21th International Scientific Conference 3rd- 4th December 2020.* Publishing Ekonóm. 2020. pp. 546-552.

ГЛАВА 2

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

2.1. Аналіз безробіття методами машинного навчання

Вступ (актуальність, завдання та методи дослідження)

Безробіття – це складне явище, яке має негативні соціально-економічні наслідки, серед яких зростання маргінальних груп населення, криміналізація суспільства та інші. Психологічна пригніченість безробітних виражена самогубствами, алкоголізмом, наркоманією, і як наслідок, зниженням природного приросту населення і тривалості життя. Все це відбивається на макроекономічних показниках добробуту населення, темпах зростання та соціально-економічному розвитку країни. Для держави безробіття породжує важкі фінансові проблеми, пов'язані з одного боку, зі зменшенням доходів бюджету, бо безробітні люди не сплачують податки, а з іншого боку, вони потребують соціальної допомоги та компенсації, що у свою чергу, збільшує видатки бюджету. Отже, зростання безробіття несе подвійне навантаження на бюджетну систему країни.

Протягом 2020-2021 років пандемія COVID-19 послаблювала економіку, фінанси і соціальну структуру майже в кожній країні. Вона вплинула на активність та зайнятість людей та погіршила рівень та різні аспекти безробіття у світі. За даними останнього звіту міжнародного статистичного довідника з ринка праці ILOSTAT у 2019 році світове безробіття було на рівні 5,4 %, у 2020 – 6,6 %, у 2021 – 6,2 % [1].

В Україні ці показники були такими: у 2019 році – 8,2 %, у 2020 – 9,5 %, у 2021 – 9,8 %, що свідчить про негативний вплив кризи COVID-19 на безробіття. Нажаль, наразі це не єдина криза в останні роки у світі. У 2022 році відбулося повномасштабне вторгнення Російської Федерації на територію України, що призвело до надзвичайного руйнування

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

бізнес об'єктів, інфраструктури, у певних районах – майже до повної зупинки виробництва. За оцінками Міністерства економіки України рівень безробіття на кінець 2022 року становитиме 30% [2].

Мета даного дослідження – проаналізувати стан безробіття в Україні на тлі міжнародних тенденцій та виявити взаємозв'язок безробіття та соціально-економічних показників розвитку країн за допомогою методів машинного навчання. У дослідженні використовувалися методи статистичної обробки даних, кластерний аналіз за допомогою мови програмування Python.

Аналіз сучасного стану безробіття в Україні та світі

Безробіття слід досліджувати у часі та просторі як загальний показник, так і у структурному розрізі – за віком, статтю та сферою діяльності. На рис. 1 добре видно різке підвищення безробіття у важкі часи для України у 2008-2009 рр. – час світової фінансової кризи, 2013-2014 рр. – початок війни на Донбасі, 2019-2020 рр. – пандемія COVID-19 (рис. 1).

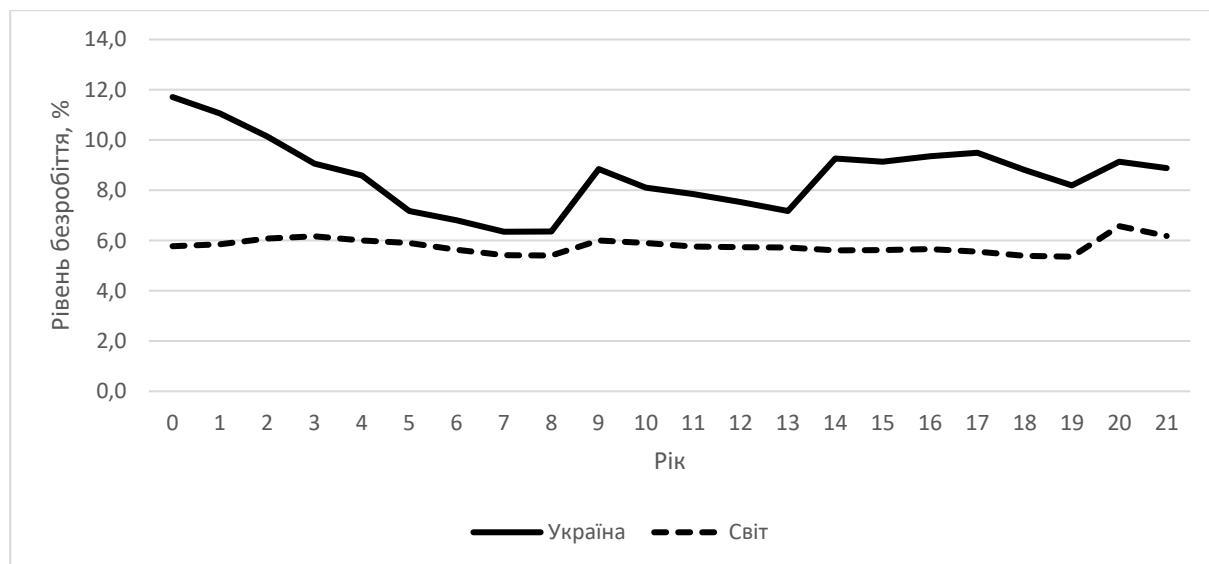


Рис. 1. Рівень безробіття у світі та Україні 2000-2021рр.

Джерело: The World Bank dataset “World Development Indicators” [3]

Після значного перевищення безробіття в Україні на початку нульових сталося певне зниження його в нашій країні, але в останні роки він тримається на рівні 8 – 10% проти 6 – 7% у світі.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Що стосується співвідношення рівня безробіття жінок та рівня безробіття серед чоловіків, в Україні безробіття чоловіків вище за показником над безробіттям жінок (рис.2). Це на тлі майже однакового рівня серед цих категорій у світі з невеликим перевищенням у бік чоловіків.

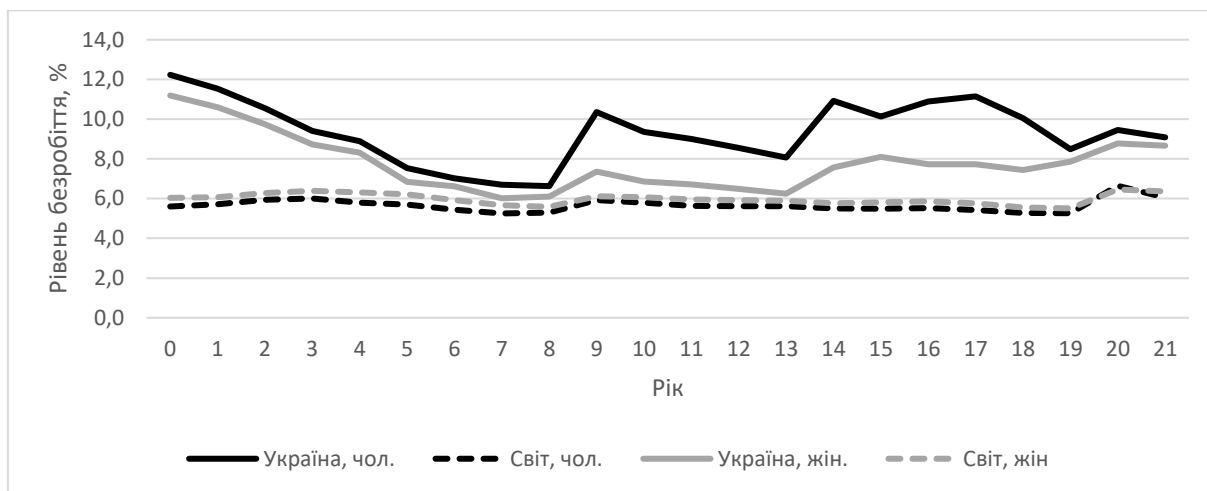


Рис. 2. Рівень безробіття у розрізі статі у світі та Україні 2000-2021 рр.

Джерело: The World Bank dataset “World Development Indicators” [3]

Молодіжне безробіття

Молодіжне безробіття це безробіття серед людей 15-24 віку [4]. Молодіжне безробіття несе в собі більше проблем як в сьогоденні, так і в майбутньому, оскільки безробітня молодіжь не отримує вчасно необхідний досвід праці та у майбутньому ці люди та суспільство потерпають від наслідків. Молоде покоління є більш вразливим до соціальних та економічних подій. Зазвичай, показники молодіжного безробіття значно перевищують загальний показник безробіття як в Україні так і в світі (рис.3).

Структурне безробіття як наслідок змін у структурі зайнятих

Три основних напрямки – це сільське господарство, промисловість, сфера послуг. З 2000-х років бачимо поступове зменшення частки людей зайнятих у сільському господарстві (рис. 4).

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

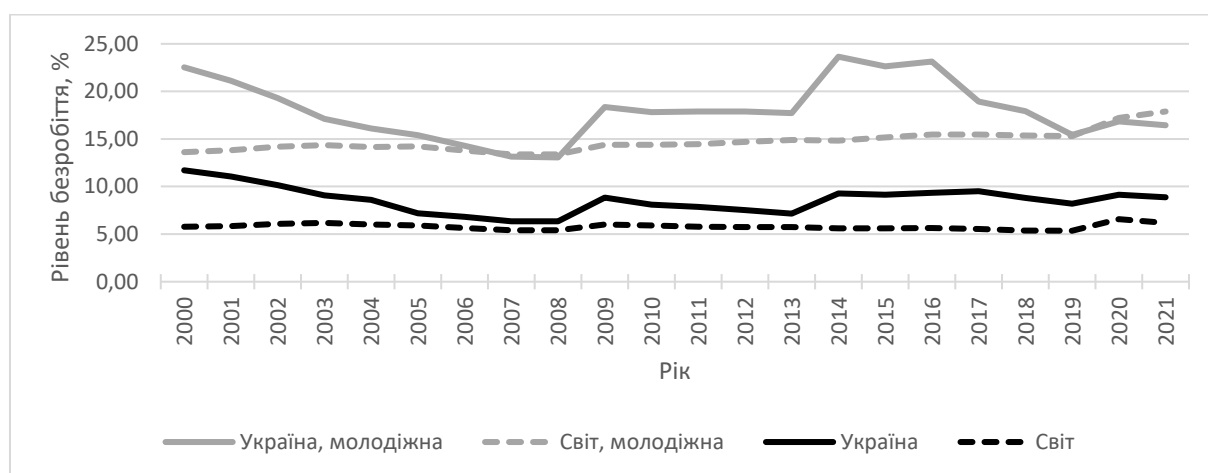


Рис. 3. Рівень загального безробіття та молодіжного безробіття у світі та Україні

Джерело: The World Bank dataset “World Development Indicators” [3]

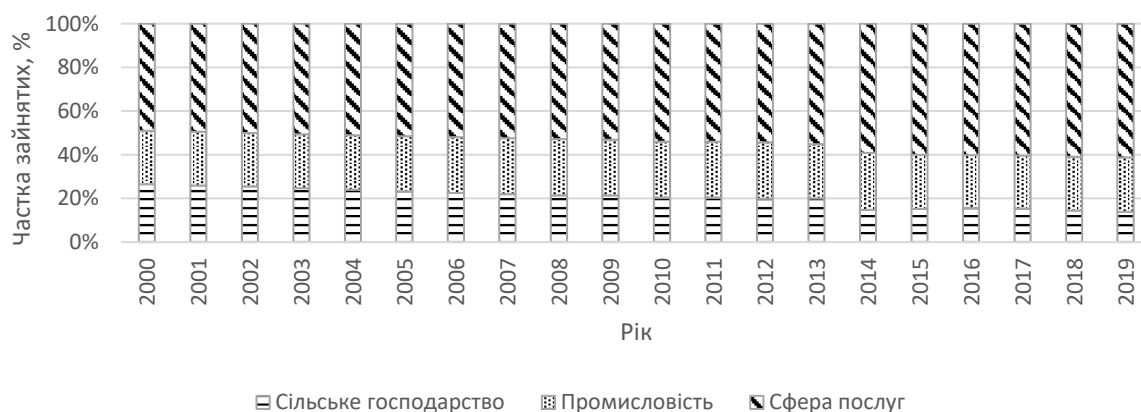


Рис. 4. Структура зайнятих людей за напрямком сфери діяльності у світі

Джерело: The World Bank dataset “World Development Indicators” [3]

На момент 2019 року спостерігається збільшення до 50 % зайнятого населення у сфері послуг, при паралельному скороченні частки людей у сфері сільськогосподарської праці. В Україні спостерігаємо таку саму тенденцію – збільшення частки населення у сфері послуг та скорочення частки у сільському господарстві (5).

Динаміка тривалості пошуку роботи в Україні

Україна також відстежує та збирає дані за тривалістю пошуку нової праці з моменту настання безробіття (рис. 6).

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

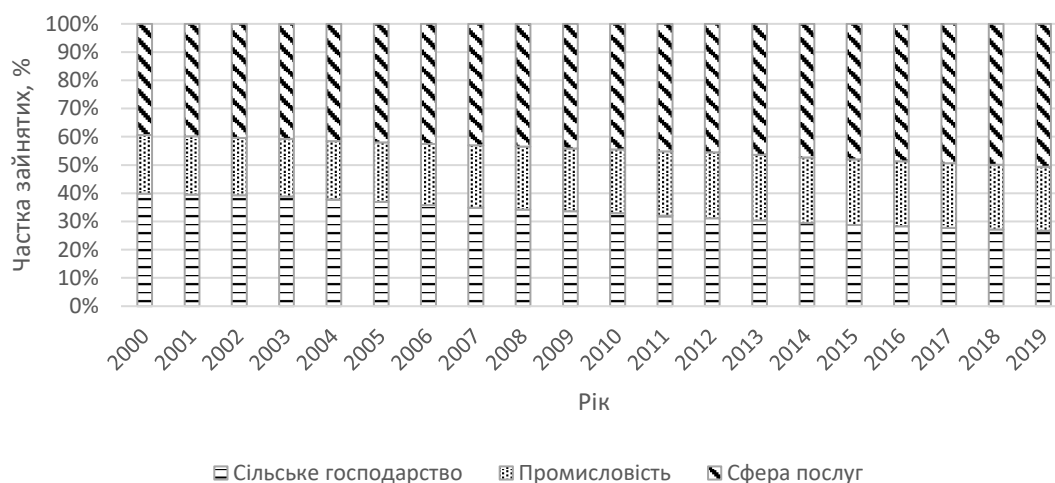


Рис. 5. Структура зайнятих людей за напрямком сфери діяльності в Україні
Джерело: The World Bank dataset “World Development Indicators” [3]

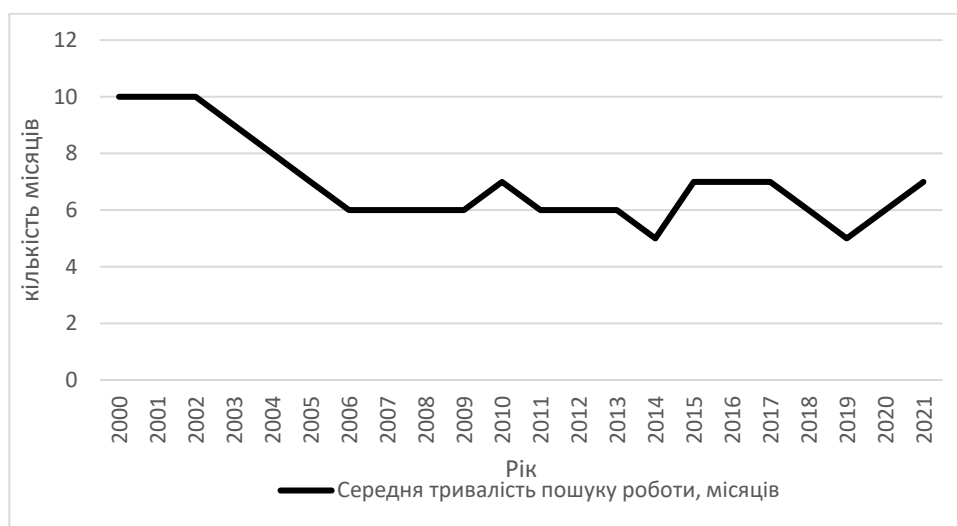


Рис. 6. Структура безробітного населення (за методологією МОП)
за тривалістю пошуку роботи в Україні
Джерело: Державна служба статистики України [5]

На початку 2000-х 50 % безробітних шукали свою нову роботу 12 і більше місяців. Протягом останніх 20-ти років спостерігається зменшення часу на пошук від 10 місяців до 6 в середньому. На момент 2021 року близько 60 % безробітних з моменту 4-х тижнів після втрати минулої роботи в змозі знайти роботу за 6 місяців. Тобто спостерігаємо позитивну динаміку змін щодо терміну пошуку роботи населенням протягом останніх 20-ти років.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Динаміка причин звільнення в Україні

Найчастіше люди покидають роботу за власним бажанням і тенденція має зростаючий характер в останні 10 років, окрім періоду кризи 2008-2009 рр. – у цей період спостерігаємо стрибок у звільненні людей через економічні причини (рис.7). З 2015 року зниження з 18 % до 10 % незайнятих після закінчення закладів освіти, цю тенденцією можна пояснити у цей час різким попитом на робітників сфери ІТ, де на роботу приймають вже студентів 2-3 року навчання у ВНЗ.



Рис. 7. Безробітне населення за причинами незайнятості в Україні

Джерело: Державна служба статистики України [5]

Отже, проведений аналіз дозволяє зробити наступні висновки. Збільшення показнику безробіття є негативним наслідком загальних процесів у світі. Світові рецесії та кризи сприяли збільшенню безробіття як загалом у світі, так і в Україні. Україна більш гостро реагувала на ці процеси – показник в Україні значно вище за середнє значення безробіття у світі. Для України, окрім світової фінансової кризи та пандемії COVID-19, є більш вагомий негативний чинник. Початок війни на Донбасі у 2013-2014 роках та повномасштабна війна у 2022 році сильно послабили економіку країни та також призвели до збільшення безробітних українців.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Молоде покоління є більш вразливим до соціальних та економічних подій. Зазвичай, показники молодіжного безробіття значно перевищують загальний показник безробіття як в Україні так і в світі. Але не слід забувати про вплив змін соціальних норм та звичок українців протягом останніх 20-ти років. Великий попит в Україні на молодих робітників ІТ сфери, сфери послуг тощо, спричиняє залучення їх до праці ще під час навчання у ВУЗі на молодших курсах. Це сприяє отриманню необхідних навичок для роботи ще до закінчення повної вищої освіти, в наслідок чого відсоток молодіжного безробіття в Україні нижче відповідного світового показника за останні три роки.

Структурні зміни на ринку праці також відбувається досить бурхливо. Протягом останніх 20-ти років спостерігається рух зайнятого населення до сфери послуг та скорочення частки зайнятого населення у сільському господарстві, що є наслідком науково-технічного прогресу.

Слід зазначити, що в Україні спостерігається позитивна динаміка змін щодо терміну пошуку роботи населенням протягом останніх 20-ти років. Скорочується час, який безробітний витрачає на пошук нової роботи. Такі зміни можуть бути результатом глобалізації та розвинення інформаційно-комунікаційних технологій.

Кластеризація країн за сукупністю соціально-економічних показників

Безробіття це складний соціально-економічний процес, на який впливає багато факторів: релігійні, етнічні, культурні особливості людей і суспільства. Тому доцільно згрупувати країни за низкою соціально-економічних ознак, виділити однорідні кластери і порівняти рівень безробіття між ними.

Інформаційна база. Найбільш потужна і доступна колекція даних про глобальний розвиток є база «Індикатори світового розвитку» (WDI)– це основна колекція показників розвитку «The World Bank» [6]. Ще одне джерело, з якого отримуємо дані, це організація «The Heritage Foundation», яка

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

щороку обчислює індекс економічної свободи на основі 12 кількісних і якісних факторів, згрупованих у чотири великі категорії:

- верховенство права (права власності, доброчесність уряду, ефективність судочинства);
- розмір уряду (державні витрати, податковий тягар, фіскальний стан);
- ефективність регулювання (свобода бізнесу, свобода праці, монетарна свобода);
- відкриті ринки (свобода торгівлі, свобода інвестицій, фінансова свобода) [7].

Первісна обробка даних. Із бази даних цієї організації нами було відібрано індекс економічної свободи та ще 9 економічних показників [8]. Після збору даних з двох баз даних відібрали показники, що стосуються соціального та економічного розвитку – всього 127 різноманітних показників, які далі були перевірені на пропущені значення. Після цього у нас залишився датасет з 162-х спостережень, тобто країн, та 84-х показників. Далі дані були очищені від викидів, нормалізовані та стандартизовані.

Кластеризація. Кластеризація країн була проведена на повній сукупності факторів за двома методами: К-середніх та ієрархічним. Кількість кластерів обиралася на підставі дендрограми (рекомендовано 6, 7, 9 кластерів) та метода ліктю (6, 9). Функція `KElbowVisualizer` (бібліотека `yellowbrick.cluster`) надає додатково рекомендацію - 9 кластерів (пунктирна лінія, рис. 8). Отже, на підставі цих результатів було обрано кількість кластерів – 9.

У середовищі Python проводимо кластеризацію ієрархічним методом (рис. 9) і методом К-середніх (рис.10).

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

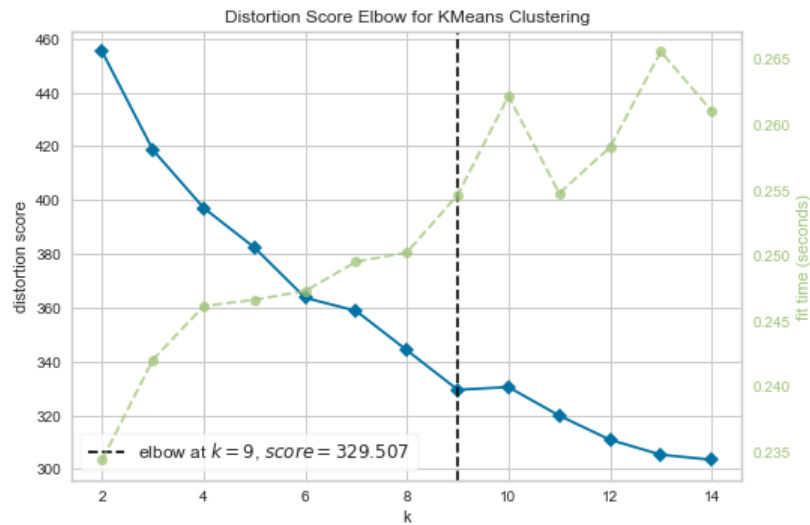


Рис. 8. Результати методу ліктя на повній сукупності факторів

Джерело: авторська розробка

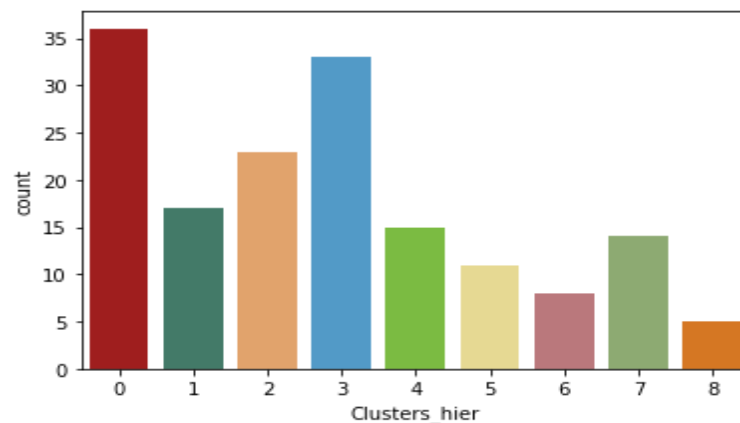


Рис. 9. Кількість об'єктів у кластерах за ієрархічним методом

Джерело: авторська розробка

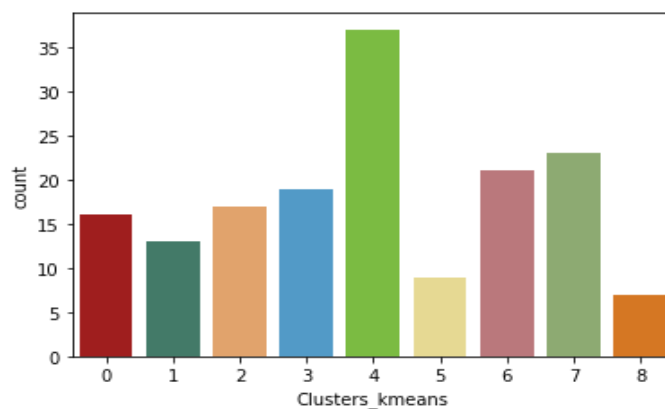


Рис. 10. Кількість об'єктів у кластерах за методом К-середніх

Джерело: авторська розробка

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Порівняння результатів двох моделей на стійкість показало, що розбиття об'єктів на кластерів різними методами збігається на 60,5%, що є задовільним результатом. В якості фінальної моделі обираю модель ієрархічної кластеризації оскільки вона рекомендується при невеликій кількості досліджуваних об'єктів [9].

Аналіз результатів

Більшою мірою нульовий кластер – кластер «Країни Африки зі слабким розвитком» – наповнюють бідні країни Африки також Непал, Бангладеш, Камбоджа та Філіппіни (36 країн).

Майже уся Південна Америка відноситься до першого кластеру – кластер «Країни південної Америки» – разом з Мексикою, ЮАР, Китаєм та країнами Південно-Східній Азії (16 країн).

До другого кластеру – кластер «Високорозвинені країни» – потрапили високорозвинені країни Європи а також США, Канада, Японія, Південна Корея, Австралія та Нова Зеландія (23 країни).

Третій кластер – кластер «Острівних країн» – це більшою мірою острівні країни, але також Болівія, Парагвай, Гондурас, Нікарагуа, Мавританія, Намібія, Ботсвана тощо (33 країни).

До четвертого кластеру потрапила Україна – кластер «Країни східної Європи» – в основному разом з країнами східної Європи та ще Турцією (16 країн).

П'ятий кластер – кластер «Країни північної Африки» – наповнюють країни Північної Африки та Південної Азії (11 країн).

Шостий кластер – кластер «Країни Аравійського півострову» – складають країни Аравійського півострову (8 країн).

До сьомого кластеру – кластер «Країни центральної Азії» – входять здебільшого країни центральної Азії та ще деякі балканські країни разом з Румунією та Молдовою (14 країн).

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Окремо у восьмий кластер – кластер «Малих країн з високим рівнем життя» – виділені Гонконг, Ірландія, Люксембург, Мальта, Сінгапур як малі країни з високим рівнем життя (5 країн).

Розглянемо кластери у розрізі показників, за якими наявні суттєві різниці між кластерами.

Перш за все, розглянемо показники, які характеризують зайнятість населення. Середній рівень безробіття має суттєву варіацію між кластерами (рис.11). Кластери 1, 3, 5, 7 у середньому мають високий рівень безробіття близько 9-11%. Помірний рівень безробіття у середньому мають кластери – 0, 2, 4, 8. Кластер 6 можна вважати в середньому з низьким рівнем безробіття 3,67% відносно інших.

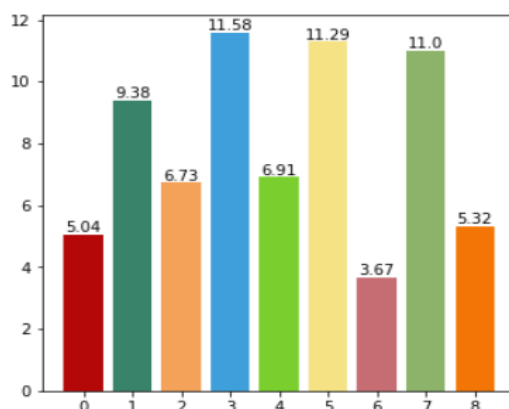


Рис. 11. Середній рівень безробіття у кластерах

Джерело: авторська розробка

Зайнятість у різних галузях має відмінності. Найбільші перекося є у сільському господарстві (рис.12). Найбільше значення в нульовому кластері (52%), найменші (до 10) – у кластерів 2, 4, 6, 8.

Значно меншій розмах мають значення зайнятості населення у промисловості (13). Високий рівень (близько 27%) – це кластери 4, 5, 6, низький рівень – кластери 0, 8.

А в сфері послуг саме кластер 8 має найвищий рівень зайнятості (майже 84%), більшість кластерів знаходяться на середньому рівні 50 – 60% (рис. 14).

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

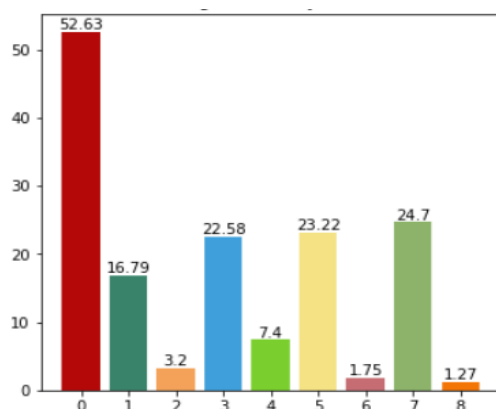


Рис. 12. Середній рівень зайнятості населення
у сільському господарстві у кластерах

Джерело: авторська розробка

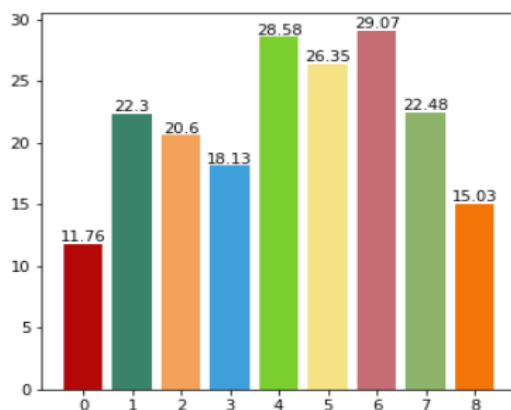


Рис. 13. Середній рівень зайнятості населення у промисловості

Джерело: авторська розробка

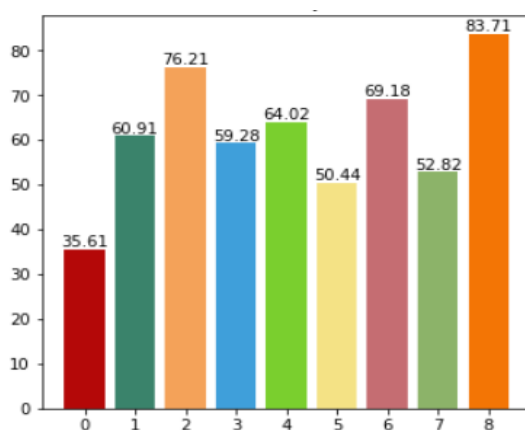


Рис. 14. Середній рівень зайнятості населення у сфері послуг у кластері

Джерело: авторська розробка

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Значний розкид має показник самозайнятого населення: від 4% до 75% (рис. 15). Великий відрив показує кластер 0 (75%), кластери 2, 4, 6, 8 можна віднести до низького рівня, решта (4 кластери мають середній рівень).

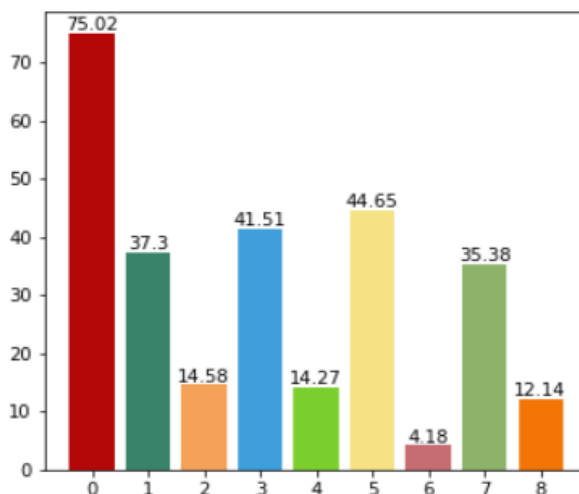


Рис. 15. Середній рівень частки самозайнятих у кластерах

Джерело: авторська розробка

І нарешті, загальний показник добробуту та економічного розвитку – ВВП на душу населення – також значно відрізняється у кластерах (рис. 16). Суттєвий відрив показують кластери 6, 8 з дуже близькими показниками. 4 кластери мають низькі значення цього показника, кластер 0 – самий низький.

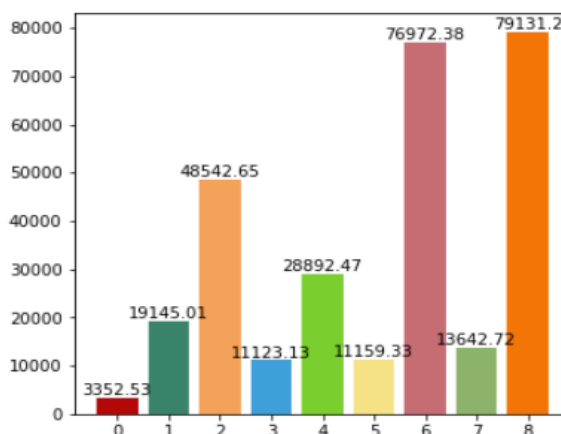


Рис. 16. Середній рівень ВВП на душу населення у кластері

Джерело: авторська розробка

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Індекс споживчих цін у кластерів 6, 8, навпаки знаходиться на самому низькому рівні (самий низький у кластері 2) (рис. 17). Хоча даний показник не має такого розкиду, як попередній, але вона теж значна (максимальне значення більш, ніж у 2 рази більш мінімального).

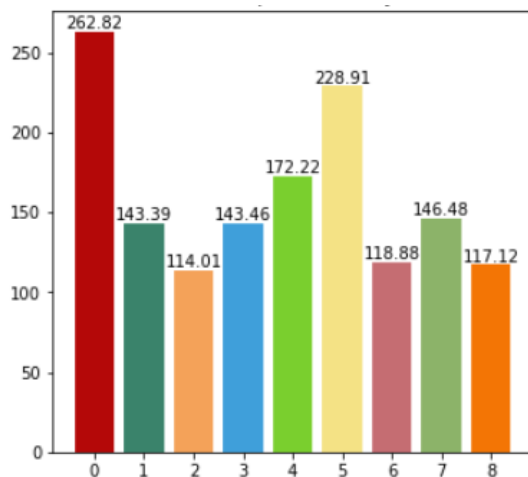


Рис. 17. Середній рівень індексу споживчих цін (2010 = 100) у кластері

Джерело: авторська розробка

Ставка корпоративного податку характеризує податкове навантаження на бізнес. Розкид середніх значень цього показника – від 15 до 30 % (рис. 18). Можна виділити кластера з низькою середньою ставкою до 20% (4, 6, 7, 8), і «лідера» (кластер 0). Решта має значення 23 – 27%.

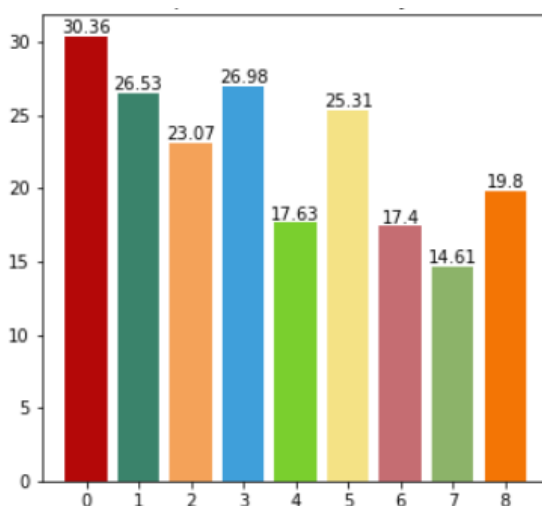


Рис. 18. Середній рівень ставки корпоративного податку у кластері

Джерело: авторська розробка

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Значну розбіжність показує ставка позикового проценту (рис. 19). Низькі позикові проценти у кластерах 2, 6, 8 – близько 3-5%, найвищий – у кластері 0.

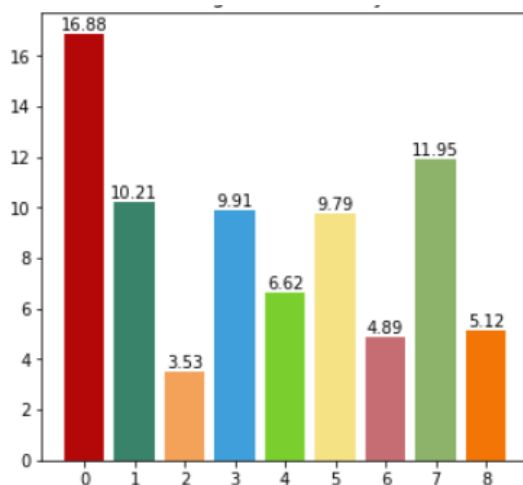


Рис. 19. Середній рівень позикового проценту у кластерах

Джерело: авторська розробка

Аналіз відмінностей середніх значень показників кластерів дозволяє виявити такі залежності:

- з більшим індексом економічної свободи – менше рівень безробіття;
- з більшим ВВП на душу населення – менше рівень безробіття;
- з меншим відсотком самозайнятого населення – менше рівень безробіття;
- з більшою імміграцією – менше рівень безробіття;
- з меншою позиковою ставкою – менше рівень безробіття;
- з меншим відсотком зайнятості населення у сільському господарстві – менше рівень безробіття.

Висновки. Проведена кластеризація показала, що країни доволі логічно об'єднуються за географічною ознакою, тому назви до кластерів було надано здебільшого за географічним розташуванням групи країн у кластері:

0 «Країни Африки зі слабким розвитком»

1 «Країни південної Америки»

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

- 2 «Високорозвинені країни»
- 3 «Острівні країни»
- 4 «Країни східної Європи»
- 5 «Країни північної Африки»
- 6 «Країни Аравійського півострову»
- 7 «Країни центральної Азії»
- 8 «Малі країни з високим рівнем життя».

У ході аналізу результатів кластеризації було виявлено, що у країн з більшим індексом економічної свободи зазвичай менший рівень безробіття ніж у країн з меншим рівнем економічної свободи. Показник економічної свободи це лише відображення політики держави на різних рівнях: прав громадян, судової ефективності, податковій політиці, свободи праці, бізнесу та інвестицій тощо. Тому для зниження показників безробіття в країні необхідно впроваджувати закони щодо покращенню судової ефективності.

Також виявлено, що у країн з більшим значенням співвідношення ВВП на душу населення спостерігається менший рівень безробіття. Менший рівень безробіття у країнах спостерігається також при меншому відсотку самозайнятого населення. Самозайнятому населенню все менше залишається простору для роботи через нові технології та дуже високий поріг входу до багатьох видів діяльності.

Менший рівень безробіття прослідковується при менших позикових ставках. Менші ставки на позики у банках стимулюють бізнес до розширення та розвитку.

Україна потрапила до четвертого кластеру. Цей кластер характеризується помірним рівнем безробіття та індексу економічної свободи, середнім співвідношенням ВВП на душу населення, досить високим відсотком зайнятого населення у промисловості та помірним відсотком зайнятого населення у сільському господарстві. Представлені результати можуть бути основою для подальших досліджень.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

ЛІТЕРАТУРА

1. Unemployment rate by sex and age -- ILO modelled estimates, Nov. 2021 (%) | Annual : веб-сайт. URL: https://www.ilo.org/shinyapps/bulkexplorer41/?lang=en&segment=indicator&id=UNE_2EAP_SEX_AGE_RT_A (дата звернення: 12.09.2022)
2. В Україні на кінець року безробіття становитиме 30% - Мінекономіки : веб-сайт. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3599937-gerus-kaze-so-za-ostanni-tri-tizni-spozivanna-elektroenergii-v-ukraini-zbilsilos-na-1012.html> (дата звернення: 26.10.2022)
3. Dataset World Development Indicators : веб-сайт. URL: <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037712/World-Development-Indicators> (дата звернення: 16.08.2022)
4. Youth unemployment rate - OECD Data : веб-сайт. URL: <https://data.oecd.org/unemp/youth-unemployment-rate.htm> (дата звернення: 05.06.2022)
5. Державна служба статистики України : веб-сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 02.11.2022)
6. The World Bank : веб-сайт. URL: <https://www.worldbank.org/en/home> (дата звернення: 18.07.2022)
7. Heritage Foundation : веб-сайт. URL: <https://www.heritage.org/index> (дата звернення: 18.07.2022)
8. Index of economic freedom – Heritage Foundation : веб-сайт. URL: <https://www.heritage.org/index> (дата звернення: 18.07.2022)
9. Olcay Akman, Josselyn Gonzales, in Algebraic and Combinatorial Computational Biology, 2019 - Data Clustering and Self-Organizing Maps in Biology – chapter 11.3.1.2 Hierarchical Clustering: веб-сайт. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/hierarchical-clustering#:~:text=Hierarchical%20clustering%20works%20especially%20well,more%20data%20points%20are%20considered> (дата звернення: 30.08.2022).

2.2. Аналіз динаміки українських синтетичних індикаторів якості життя та їхніх детермінант

Вступ. В роботі [1] проаналізовані зв'язки між системою критеріальних синтетичних індикаторів якості життя і набором основних параметрів державної економічної політики з урахуванням інституційної складової. Наші підходи до аналізу цих зв'язків ґрунтуються на постановці та розв'язанні таких завдань:

1) визначити склад результуючих синтетичних індикаторів якості життя (СІЯЖ) як критеріїв ефективності економічної політики України;

2) для кожного з цих СІЯЖ визначити набір пояснюючих змінних, які характеризують економічну політику України;

3) визначити (оцінити) регресійну залежність, існуючу між кожним СІЯЖ і певним набором пояснюючих змінних, виділивши при цьому їхні детермінанти;

4) проаналізувати динаміку результуючих СІЯЖ і ключових пояснюючих змінних-детермінант для виявлення проблемних сфер у соціально-економічному розвитку України.

Підходи до розв'язання завдань 1)-3) висвітлені в [1]. Щодо четвертого завдання, то дослідження динаміки українських синтетичних індикаторів якості життя та їх ключевих пояснюючих змінних-детермінант ґрунтується на засадах економетричного аналізу зв'язків, існуючих між ними. Ієрархічна схема зв'язків для їх кращої змістовної інтерпретації представлена на рис. 1.

Економетричний аналіз цих зв'язків дозволив виділити з 21-ої пояснюючої змінної апріорного набору параметрів економічної політики держави тільки вісім змінних-детермінант. Це – загальні видатки на охорону здоров'я в % від ВВП ($x^{(1)}$), рівень відповідності діючої інфраструктури охорони здоров'я потребам суспільства у балах ($x^{(2)}$), державні видатки на освіту в % від ВВП ($x^{(6)}$), загальні витрати на наукові дослідження та розробки в % від ВВП ($x^{(7)}$), рівень сприятливих умов для ведення бізнесу в

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

балах ($x^{(10)}$), рівень врахування думки населення та підзвітності державних органів у балах ($x^{(16)}$), рівень ефективності уряду в балах ($x^{(18)}$), рівень боротьби з корупцією в балах ($x^{(21)}$).

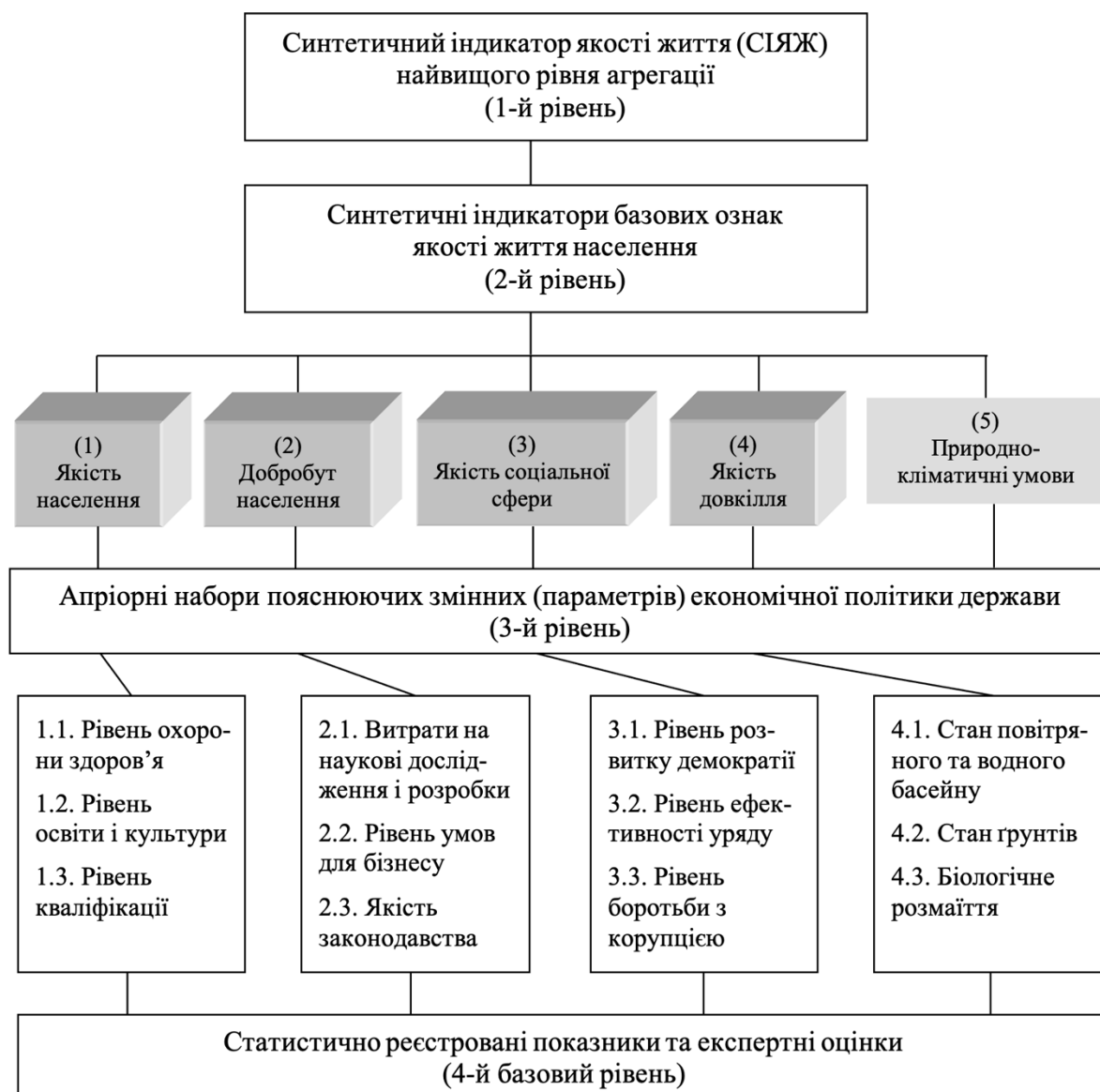


Рис. 1. Ієрархічна схема зв'язків системи синтетичних індикаторів якості життя та апріорного набору параметрів економічної політики держави

Слід зазначити, що серед експертно оцінюваних змінних основна частина вимірюється в 10-бальній шкалі, де нуль відповідає найгіршій ситуації, а 10 – найкращій. Проте серед аналізованих нами змінних є показники, вимірювані в інших шкалах. Тому для цих змінних виконувалась уніфікація

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

вимірювальних шкал. Щоб виміряну в довільній шкалі змінну z привести до 10-бальної змінної \tilde{z} ми застосовували таке перетворення:

$$\tilde{z} = \left[1 - \frac{|z - z_{\text{opt}}|}{\max\{(z_{\text{opt}} - z_{\text{min}}), (z_{\text{max}} - z_{\text{opt}})\}} \right] \cdot 10, \quad (1)$$

де z_{min} , z_{max} і z_{opt} – відповідно мінімально можливе, максимально можливе та оптимальне (в сенсі вимірювання цієї змінної) значення. Необхідні для реалізації перетворення (1) мінімальні, максимальні та оптимальні значення аналізованих змінних представлені в [1].

Вищевказані змінні-детермінанти були виділені під час економетричного аналізу взаємозв'язків між аналізованими СІЯЖ і апріорним набором параметрів державної економічної політики за допомогою системи STATISTICA:

$$\hat{y}^{(1)} = 7,36 + 0,04\tilde{x}^{(1)} + 0,09x^{(2)} + 0,06\tilde{x}^{(6)}, \quad (2)$$

$$\hat{y}^{(2)} = -11,33 + 0,37\tilde{x}^{(7)} + 2,19\tilde{x}^{(10)}, \quad (3)$$

$$\hat{y}^{(3)} = 6,42 + 0,05\tilde{x}^{(16)} + 0,08\tilde{x}^{(18)} + 0,13\tilde{x}^{(21)}, \quad (4)$$

$$\hat{y}^{(4)} = -4,78 - 0,31x^{(2)} + 0,20\tilde{x}^{(7)} + 1,32\tilde{x}^{(10)} + 0,42\tilde{x}^{(18)}. \quad (5)$$

В регресійних рівняннях (2) – (5) йдеться про такі синтетичні індикатори якості життя:

- $y^{(1)}$ – якість населення, що вимірюється індексом людського розвитку (“Human development index”) у частках від одиниці;
- $y^{(2)}$ – матеріальний добробут населення, вимірюється ВВП на душу населення (“GDP (PPP) per capita”) за паритетом купівельної спроможності валют у дол. США;
- $y^{(3)}$ – якість соціальної сфери, що вимірюється індексом соціального прогресу (“Social Progress Index”) за 100-бальною шкалою;

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

- $y^{(4)}$ – якість життя (синтетичний індикатор найвищого рівня агрегації), що вимірюється як середнє геометричне перших трьох індикаторів $y^{(1)}$, $y^{(2)}$ і $y^{(3)}$.

Ми маємо на меті проаналізувати в цій роботі динаміку вказаних СІЯЖ та визначеного в [1] під час розв'язання завдань 1)-3) набору ключових параметрів-детермінант державної економічної політики для виявлення проблемних сфер у соціально-економічному розвитку України.

Аналіз динаміки: траєкторії українських результуючих синтетичних індикаторів якості життя та їхніх детермінант

Виявлення проблемних сфер у соціально-економічному розвитку України має ґрунтуватися на аналізі, з одного боку, динаміки СІЯЖ України, з іншого – положення України щодо інших аналізованих країн. При цьому можна вважати, що негативна динаміка певного СІЯЖ України щодо свого минулого значення та одночасне погіршення становища України за цим індикатором щодо інших країн сигналізує про наявність проблемної сфери в соціально-економічному розвитку. Отже, можна застосувати динаміку показників та їх значимість у формуванні значень СІЯЖ для виявлення тих сфер суспільного життя, куди слід впливати насамперед засобами державної економічної політики.

Водночас стійке покращення значення аналізованого СІЯЖ щодо минулих значень України говорить загалом про доцільність підтримки поточної тенденції. Однак слід відзначити, що порівняльний аналіз значень СІЯЖ та їхніх змінних-детермінант варто проводити у розрізі країн, які подібні до України за базовими характеристиками, зокрема, географічними, ресурсними, масштабними. Інакше такий аналіз може не дати адекватних оцінок. Тому аналіз динаміки українських СІЯЖ та їхніх детермінант будемо проводити у межах вибірки країн, подібних до України як за географічними, так і за іншими базовими ознаками.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Зазначимо, що використані у нашому дослідженні дані охоплюють 2010-2019 роки на основі вибірки, що включає Україну і вісім країн, які гра-ничать з Україною або входили раніше до складу СРСР, а зараз є членами ЄС.

Отож, аналізована нами вибірка складається з таких країн: Естонія, Латвія, Литва, Польща, Російська Федерація (Росія), Румунія, Словаччина, Угорщина, Україна.

Інформаційною базою дослідження є статистично реєстровані показники та результати аналізу рейтингів (індексів, індикаторів) вищевказаних країн, які представлені у таких джерелах:

- всеохоплююча база даних щодо конкурентоспроможності країн світу “World Competitiveness Yearbook Online”; вона включає часові ряди щорічних звітів, методологія формування яких полягає у поєднанні статисти-чних даних (2/3) та даних опитувань (1/3), отриманих на засадах ексклю-зивного опитування думок експертів і керівників підприємств [2];
- інструмент інтерактивного доступу до даних річних звітів світового банку “Worldwide Governance Indicators (WGI)” [3];
- світовий атлас даних “World Data Atlas” [4].

Використовувалися також звіти ООН “Human development reports” [5], а також дані про стан України у міжнародних індексах, розміщених на веб-сайті Державної служби статистики України [6].

Головне питання, на яке ми намагалися знайти позитивну відповідь під час нашого дослідження: як на засадах аналізу динаміки результуючих синтетичних індикаторів якості життя та їхніх детермінант можна виявляти проблемні сфери соціально-економічного розвитку України, на які потрібно насамперед впливати засобами державної економічної політики?

Логіка нашого дослідження передбачає, що нам уже відомі деякі СІЯЖ $y_{it}^{(l)}$ і детермінанти $x_{it}^{(j)}$ – це значення відповідного СІЯЖ l та де-термінанти j , зареєстрованих для країни i в році t

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

($l = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, 6, 7, 10, 16, 18, 21; i = 1, 2, \dots, 9; t = 1, 2, \dots, 10$ – включає 2010-2019 рр.).

Слід зазначити, що під час аналізу динаміки ми згідно рекомендацій [7] будемо розрізняти автодинаміку (зміна значень аналізованого показника $y_t^{(l)}$ і $x_t^{(j)}$, що характеризують Україну в різні роки) і міждержавну динаміку (зміна становища України серед інших країн). Вимірювання міждержавної динаміки України будемо проводити на підставі її положення (рангу $r_t(y^{(l)})$ або $r_t(x^{(j)})$) серед аналізованих країн по певному результуючому синтетичному індикатору $y^{(l)}$ або по значенню детермінанти $x^{(j)}$.

Результати аналізу авто- та міждержавної динаміки українських СІЯЖ та їхніх детермінант представлені в табл. 1. Тут у кожній стрічці ліве число вказує на числове значення змінної, а праве (за косою рисою) – ранг (порядкове місце) України по даному показнику серед 9 аналізованих країн.

Таблиця 1

Динаміка українських синтетичних індикаторів якості життя та їхніх детермінант (значення усіх змінних подаються в 10-бальній шкалі)

Змінна	Значення змінної / місце України серед аналізованих країн									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
$\tilde{y}^{(1)}$	7,6/9	7,6/9	7,6/9	7,7/9	7,7/9	7,7/9	7,7/9	7,7/9	7,7/9	7,8/9
$\tilde{y}^{(2)}$	0,0/9	0,2/9	0,3/9	0,3/9	0,4/9	0,1/9	0,2/9	0,4/9	0,6/9	0,7/9
$\tilde{y}^{(3)}$	7,0/8	7,0/8	7,1/8	7,2/8	7,2/8	7,2/8	7,2/8	7,2/9	7,2/9	7,2/9
$\tilde{y}^{(4)}$	0,8/9	2,2/9	2,47/9	2,66/9	2,71/9	1,9/9	2,3/9	2,7/9	3,1/9	3,5/9
$\tilde{x}^{(1)}$	8,3/4	8,3/3	6,7/3	7,8/3	6,1/6	2,8/8	4,4/7	5,0/7	3,3/9	3,3/9
$x^{(2)}$	1,9/9	1,5/9	1,4/8	6,8/1	6,0/1	1,9/9	1,9/9	2,2/9	2,3/8	2,7/9
$\tilde{x}^{(6)}$	0,8/9	3,2/9	1,2/9	1,2/8	4,4/8	6,0/8	8,0/5	6,4/8	6,4/8	6,8/8
$\tilde{x}^{(7)}$	3,4/4	2,9/7	3,0/8	3,0/8	2,5/8	2,3/8	1,7/8	1,6/9	1,5/9	1,6/9
$\tilde{x}^{(10)}$	4,1/9	4,5/9	4,6/9	5,0/9	6,0/9	6,2/9	6,4/9	6,5/9	6,8/9	6,9/9
$\tilde{x}^{(16)}$	4,5/8	4,5/8	4,0/8	3,8/8	4,3/8	4,4/8	4,8/8	4,8/8	4,5/8	4,8/8
$\tilde{x}^{(18)}$	2,4/9	2,1/9	3,2/9	3,1/9	4,0/9	3,5/9	3,2/9	3,5/9	3,9/9	4,0/9
$\tilde{x}^{(21)}$	1,6/8	1,6/8	1,3/9	1,1/9	1,5/9	1,5/9	2,1/8	2,2/8	1,8/9	2,6/8

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Необхідно зазначити, що адекватність оцінювання автодинаміки змінних, представлених в табл. 1, можна підвищити, якщо відслідкувати траєкторії деяких синтетичних індикаторів і детермінант у певних фізичних одиницях, які на вході вимірювалися саме в термінах цих одиниць. Тому серед можливих напрямів розвитку цього дослідження ми плануємо в подальшому проаналізувати такі траєкторії для СІЯЖ $y_t^{(2)}$ і змінних-детермінант $x_t^{(1)}$, $x_t^{(6)}$, $x_t^{(7)}$.

1. Траєкторія синтетичного індикатора якості населення України $\tilde{y}_t^{(1)}$ та його детермінант

Тут ми аналізуємо уніфіковане значення стандартного індекса людського розвитку, що відрізняється від останнього (відповідно до формули (1)) просто множником 10, тобто $\tilde{y}^{(1)} = 10y^{(1)}$. Цей синтетичний індикатор, виходячи з його визначення, є найбільш інерційним і найменш варіабельним (змінним). Україна з 9 порівнюваних країн стабільно займає останнє місце (див. табл. 1). При цьому три детермінанти згідно [1] пояснюють варіацію регресійних значень індикатора $\hat{y}^{(1)}$ на 60,24%. Мова йде про такі детермінанти, як загальні видатки на охорону здоров'я ($\tilde{x}^{(1)}$), рівень відповідності інфраструктури охорони здоров'я потребам українського суспільства ($x^{(2)}$) та державні видатки на освіту ($\tilde{x}^{(6)}$). Змінні $x^{(2)}$ та $\tilde{x}^{(6)}$ не виявляли жодних позитивних тенденцій на відрізьку 2010-2019 рр., а детермінанта $\tilde{x}^{(1)}$ навпаки – мала негативну тенденцію (див. табл. 1). Відповідно до отриманої нами залежності (2) можна зробити висновок про те, що головний резерв для виправлення цього становища – радикальне покращення державної економічної політики у сферах охорони здоров'я та освіти.

2. Траєкторія синтетичного індикатора матеріального добробуту населення України $\tilde{y}_t^{(2)}$ та його детермінант

Тут ми аналізуємо уніфіковане значення ВВП на душу населення (“GDP (PPP) per capita”) за паритетом купівельної спроможності валют у

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

дол. США. Відповідно до результатів авто- та міждержавної динаміки, представлених у табл. 1, Україна і тут є на позиціях аутсайдера. Дві детермінанти на 62,25% пояснюють варіацію цього синтетичного індикатора [1]. Це загальні витрати на наукові дослідження і розробки ($\tilde{x}^{(7)}$) та рівень сприятливих умов для ведення бізнесу ($\tilde{x}^{(10)}$), які теж виводять Україну на аутсайдерські позиції (див. табл. 1). Слід зазначити, ці дві детермінанти є регульованими. Тому державним органам управління потрібно визначити стратегічні напрями вдосконалення державної економічної політики, які допоможуть різко підвищити значення змінних $\tilde{x}^{(7)}$ і $\tilde{x}^{(10)}$. А поки що по обох цих змінних Україна займає останні місця, гірше нас по загальним витратам на наукові дослідження та розробки у період 2012-2016 рр. була тільки Румунія.

3. Траєкторія синтетичного індикатора якості української соціальної сфери $\tilde{y}_t^{(3)}$ та його детермінант

Аналіз траєкторії синтетичного індикатора $\tilde{y}_t^{(3)}$ (уніфікованого значення індекса соціального прогресу) свідчить про міцні аутсайдерські позиції України і за цим показником (див. відповідну стрічку в табл. 1). Гірше за нас у 2010-2016 рр. була тільки Росія. Варіація регресійних значень індикатора якості соціальної сфери $\hat{y}^{(3)}$ на 97,49% визначається змінами значень таких факторів-детермінант [1]: рівень врахування думки населення і підзвітності державних органів ($\tilde{x}^{(16)}$), рівень ефективності уряду ($\tilde{x}^{(18)}$) та рівень контролю корупції ($\tilde{x}^{(21)}$). За цими змінними Україна міцно влаштувалась на аутсайдерських позиціях і не виявляла жодних позитивних тенденцій на відрізьку 2010-2019 рр. Були випадки для $\tilde{x}^{(16)}$ і $\tilde{x}^{(21)}$, коли Україна займала 8-е місце, залишаючи позаду Росію (див. табл. 1). Ці детермінанти за своїм характером є «поведінковими». Однак фахівцям органів державного управління цілком під силу визначити такі назрілі вдосконалення українських інститутів та економічної політики, які допоможуть різко підвищити значення змінних $\tilde{x}^{(16)}$, $\tilde{x}^{(18)}$ і $\tilde{x}^{(21)}$.

4. Траєкторія синтетичного індикатора якості життя в Україні $\tilde{y}_t^{(4)}$
та його детермінант

Відповідно до результатів авто- та міждержавної динаміки синтетичного індикатора якості життя найвищого рівня агрегації $\tilde{y}^{(4)}$, представлених у табл. 1, Україна стабільно займає останнє місце. Однак аналіз залежності (5) дозволяє намітити шляхи підвищення рівня якості життя, що базуються на вдосконаленні державної економічної політики та інституційного розвитку. Справді, з (5) та табл. 2 видно, що значення синтетичного індикатора якості життя найвищого рівня агрегації $\hat{y}^{(4)}$ на 76,27% обумовлене здатністю держави і громадськості забезпечити підвищення таких рівнів, як: відповідності інфраструктури охорони здоров'я потребам українського суспільства (змінна $x^{(2)}$), оптимальності витрат на наукові дослідження і розробки (змінна $\tilde{x}^{(7)}$), сприятливих умов для ведення бізнесу (змінна $\tilde{x}^{(10)}$) та ефективності уряду (змінна $\tilde{x}^{(18)}$).

З табл. 2 видно, що такий детермінант, як відповідність інфраструктури охорони здоров'я потребам суспільства ($x^{(2)}$), має обернений зв'язок із якістю життя українського населення. Тому значення коефіцієнта регресії при змінній $x^{(2)}$ можна інтерпретувати двояко:

- він вказує на скільки пунктів зменшується якість життя українського населення через зниження на одиницю відповідної змінної-детермінанту;
- обернений зв'язок вказує на незадовільний рівень відповідності діючої інфраструктури охорони здоров'я потребам українського суспільства впродовж 2010–2019 років.

Варто зазначити, що у табл. 2 коефіцієнти регресії показують інтенсивність впливу факторів-детермінант на синтетичний індикатор якості життя $y^{(4)}$. Сенс коефіцієнта регресії полягає в тому, що він показує як у середньому зміниться значення результативної ознаки, якщо відповідна факторна ознака збільшиться (або зменшиться) на одиницю при фіксованих значеннях всіх інших факторів.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Таблиця 2

Короткі результати регресії для СІЯЖ у4 на основі покрокової процедури
послідовного вилучення

Regression Summary for Dependent Variable: y4 (!!QL-EP-y4 2010-2019)						
R= ,87331044 R ² = ,76267112 Adjusted R ² = ,75150270						
F(4,85)=68,288 p<0,0000 Std.Error of estimate: ,89177						
	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(85)	p-level
N=90						
Intercept			-4,77881	1,026919	-4,65355	0,000012
x2	-0,224044	0,068004	-0,30848	0,093633	-3,29459	0,001438
x7	0,186354	0,058780	0,19509	0,061537	3,17035	0,002118
x10	0,566626	0,083208	1,31561	0,193196	6,80975	0,000000
x18	0,408583	0,090074	0,42358	0,093380	4,53607	0,000019

На підставі коефіцієнтів рівняння регресії (5) можна побачити на скільки пунктів у середньому зміниться якість життя українського населення при зміні відповідного детермінанта. Кількісний аналіз залежності (5) з використанням інтенсивностей $\hat{y}^{(4)}$ по $x^{(2)}$, $\tilde{x}^{(7)}$, $\tilde{x}^{(10)}$, $\tilde{x}^{(18)}$ і стандартних процедур експертного оцінювання значень $y^{(4)}$, $x^{(2)}$, $\tilde{x}^{(10)}$ та $\tilde{x}^{(18)}$ дозволяє отримувати співвідношення за типом «витрати-результат». А ці співвідношення визначають у свою чергу ефективність перетворень економічної політики держави та розвитку інститутів, які спрямовані на забезпечення підвищення значень детермінант $x^{(2)}$, $\tilde{x}^{(7)}$, $\tilde{x}^{(10)}$ та $\tilde{x}^{(18)}$ з метою покращення якості життя українського населення.

Отож, у результаті нашого дослідження ми отримали позитивні відповіді на головне питання: як на засадах аналізу динаміки результуючих синтетичних індикаторів якості життя та їхніх детермінант можна виявляти проблемні сфери соціально-економічного розвитку України, на які насамперед потрібно впливати засобами державної економічної політики?

Висновки. На засадах одержаних результатів дослідження можна зробити загальні висновки про те, що українські синтетичні індикатори якості життя та їхні детермінанти впродовж 2010-2019 років залишалися на вкрай низькому рівні і не мали суттєвої позитивної динаміки. Ці ж результати виявили (на кількісному рівні) ключові напрями вдосконалення економічної

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

політики держави і діючих інститутів, на яких насамперед варто сконцентрувати зусилля для підвищення якості життя українського населення. Йдеться про такі напрями.

1. Аналіз динаміки синтетичного індикатора якості населення $\tilde{y}_t^{(1)}$ та його детермінант вказує на те, що якість українського населення можна насамперед покращити на основі вдосконалення інфраструктури охорони здоров'я, шляхом підвищення рівня її відповідності потребам суспільства. При цьому важливу роль відіграють і витрати на охорону здоров'я та освіту. Тому суттєве збільшення цих витрат необхідно визнати ефективним засобом економічної політики щодо підвищення якості українського населення.

2. Аналіз динаміки синтетичного індикатора матеріального добробуту населення $\tilde{y}_t^{(2)}$ та його детермінант дозволяє стверджувати, що матеріальний добробут українського населення можна покращити шляхом підвищення рівня сприятливих умов для ведення бізнесу та збільшення загальних витрат на наукові дослідження і розробки.

3. Аналіз динаміки синтетичного індикатора якості соціальної сфери $\tilde{y}_t^{(3)}$ та його детермінант дозволяє зробити висновки про те, що якість української соціальної сфери може бути покращена на основі кращого врахування думки населення та підзвітності державних органів, а також з допомогою підвищення ефективності роботи уряду та посилення контролю за корупцією.

4. Аналіз динаміки синтетичного індикатора якості життя українського населення найвищого рівня агрегації $\tilde{y}_t^{(4)}$ та його залежності від детермінант дозволяє отримувати співвідношення за типом «витрати-результат». Це дозволяє визначити ефективність перетворень державної економічної політики і розвитку інститутів для покращення якості життя українського населення, що спрямовані на підвищення значень таких детермінант: рівень відповідності інфраструктури охорони здоров'я потребам українського суспільства, рівень оптимальності витрат на наукові дослідження і розробки, рівень сприятливих умов для ведення бізнесу та рівень ефективності уряду.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

На завершення, про деякі можливі напрями розвитку нашого дослідження:

- це насамперед розширення як параметричного сімейства регресійних функцій (ми застосовували лінійні функції), так і складу СІЯЖ з урахуванням апріорного набору пояснюючих змінних в ієрархічній схемі зв'язків системи синтетичних індикаторів якості життя (див. рис 1);
- збільшення обсягу вибірки для вхідних даних за рахунок охоплення провідних європейських країн, подібних до України за базовими (географічними, ресурсними, масштабними) характеристиками.

Перспективним завданням цього дослідження є також аналіз автодинаміки деяких синтетичних індикаторів та детермінант у певних фізичних одиницях, які на вході вимірювалися саме в термінах цих одиниць. Це дозволить покращити аналіз українських СІЯЖ та їхніх детермінант для більш адекватного виявлення проблемних сфер соціально-економічного розвитку, на які потрібно насамперед впливати засобами державної економічної політики України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артеменко О. В., Артеменко В. Б. Аналіз впливу характеристик економічної політики держави на підвищення якості життя населення. ГРААЛІ НАУКИ. 2021. № 4. С. 40-49. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.07.05.2021.003>.
2. Publications of the World Competitiveness Center. World Competitiveness Yearbook Online. URL: <https://www1.imd.org/wcc/products/eshop-world-competitiveness-online/>.
3. Worldwide Governance Indicators. URL: <http://info.worldbank.org/governance/wgi/Home/Documents#docReading>.
4. World Data Atlas. URL: <https://knoema.com/atlas/topics/Economy>.
5. Human development reports. URL: <https://hdr.undp.org/en/content/latest-human-development-index-ranking>.
6. Веб-сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
7. Aivazjan S. A. Quality of Life and Living Standards Analysis. An Econometric Approach. Berlin: de Gruyter, 2016. 399 p.

2.3. Strategic objectives and instruments for post-war recovery of Ukrainian engineering

The full-scale continental war in Ukraine has already been called the third asymmetric shock (an unexpected change in economic conditions that affects some countries more than others). Without a doubt, these include the financial and economic crisis 2008 – 2009 years, subsequent COVID-19 pandemic and finally, the unprovoked aggression and war in the center of Europe. In addition to the humanitarian catastrophe and attempts to create conditions for the genocide of the Ukrainian nation, Russian troops are deliberately destroying the economic foundation of Ukraine's development - the industry that is able to meet defense needs and satisfy demand for the civilian- equipment, spare parts, wires and cables, vehicles, tools, etc. Recent events have proved that Ukrainian industrial developments can be used to repel attacks by a much more powerful and sophisticated aggressor and to protect national security [1].

At the same time, the production potential of mechanical engineering is not yet fully realized in our country, which is affected by threatening challenges associated with the consequences of wartime. These include irreversible losses of industrial potential, which amount to about 30%, destruction of production facilities and transportation chains, loss of access to resources (both raw materials and human resources), complications in doing business due to interruptions in energy supply and communications, etc. Although the Ukrainian engineering industry is currently facing uncertainty during the war, the prospects for its recovery require the formation of visions of future development and strategic planning based on the European principles of the green economy and digital transition. For this purpose, it is important to implement effective measures aimed at reviving, restructuring and modernizing the industry through reconstruction measures for regional diversification and expansion of medium and high-tech production, which should be based on the creation of a rational structure of new industrial complexes that will meet current and future market needs, economic, technological, environmental and military security and ensure the realization of competitive advantages. This

implies the formation of a self-sufficient complex of industries to ensure the resilience of the local economy to various internal and external socio-economic and military-political shocks [2, p. 23-24]. The lack of justification for strategic initiatives to promote the adaptation of Ukrainian engineering to the global challenges of the future (military-political, digital, financial, investment, environmental, technological, social, etc.) widens the gap between Ukraine and the developed countries of the world and only increases the effect of deindustrialization of the country's economy.

The content in the choosing of the most effective model for industrial development restoring during the difficult postwar period has been part of the public domain for many years. An analysis of scientific sources shows that different countries that have experienced military destruction have implemented different models of socio-economic redevelopment, which differ primarily by the criterion of state intervention in the processes of production and redistribution of national wealth. The first group includes countries with a liberal type of national economy (the United States, Canada, and the United Kingdom). The second group includes countries with socially oriented market economies and active government involvement in the processes of management and distribution of national income (Sweden, Germany, Poland). The third group of countries is the "Eastern Tigers" with a high level of government intervention in the economy, a clear industrial policy based on selective support for priority industries and sectors, and an export-oriented economy. Specific features: peculiar traditions of interaction between the state and the business environment, the importance of group norms of behavior, traditional business culture, ethnic uniformity, level of education, etc. (Singapore, South Korea, China). IMF working papers emphasize three key principles underlying the success of industrialization and development of engineering: support for domestic producers in complex industries, comparative advantages; export orientation and the desire for fierce competition with strict accountability [3].

At the same time, most publications do not provide answers to the military challenges of today and do not justify the tools for preserving existing and developing new engineering industries to fulfill the most important functions of the

country. In addition, new opportunities to replace sanctioned goods of Russian and Belarusian origin; the growing need for climate-friendly energy technologies for the EU's green transition (wind turbines, heat pumps, solar panels, renewable hydrogen, which could be produced by Ukrainian manufacturers); strengthening of partnerships with Ukraine by key global players, etc. increase the importance of developing strategic plans for the development of engineering in Ukraine as a strategic vector of post-war recovery.

There's a lot of difficulty in getting the best model for Ukraine for industrial development recovery. That would explain the lack of unified and standardized sectoral strategic documents based on the principles of sustainable development with the coordination of the interests of key stakeholders and consideration of national priorities in the process of strategizing. A large number of scattered regulatory documents, uncoordinated in time and with a narrow planning horizon, impede the full implementation of strategic tasks of sustainable socio-economic development of the state.

The production of engineering products provides an economic multiplier effect for related sectors of the economy, which are connected by a single technological chain. The industrial engineering industry in Ukraine is dominated by an extensive network of machine-building enterprises engaged in the production of mining equipment, railway rolling stock, agricultural equipment, turboprops, gas turbines, machine tools, aircraft engines, and appliances for the light and food industries. However, over the past five years, the structure of the engineering industry has undergone significant changes: a decline in production volumes in favor of an increase in production of other special-purpose machinery and equipment from 32% in 2016 to 39% in 2021 (Figure 1).

Characterizing the peculiarities of the development of machine engineering in Ukraine, it should be noted, first of all, that it is lagging behind industrialized countries. The share of engineering products in the total output of the Ukrainian manufacturing industry has been declining in 2016-2022 (with the highest rate of

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

11.8% in 2019, 10.2% in 2016, and 9.2% in January-September 2022). This situation does not correspond to the level of economically developed countries, where this indicator ranges from 30-50%.

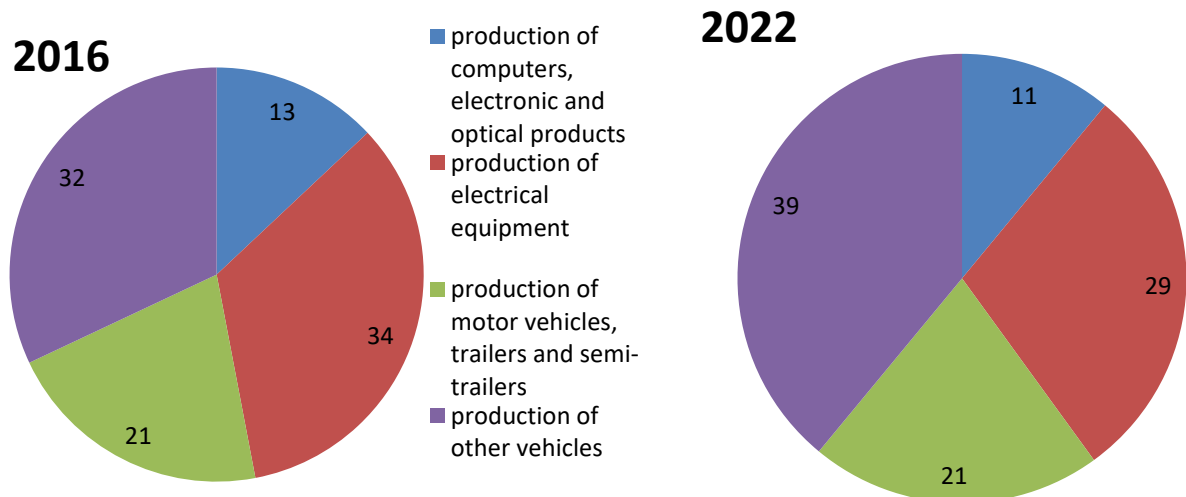


Figure 1. Structure of mechanical engineering industries in Ukraine for 2016 and 2021, %.

Source: compiled by the authors based on the data of the State Statistics Service [4]

The most resilient sectors of the engineering industry have been the production of motor vehicles, trailers and semi-trailers, and other vehicles (railway rolling stock; lifting and handling equipment), as well as agricultural, construction, and mining equipment. In the pre-war period, until 2021, Ukraine was among the top 40 countries in the world in terms of turnover of engineering products. However, a further decline in the production and sales of mechanical engineering products poses a threat to economic security, as in conditions of high competition in foreign markets, domestic goods are easily replaced by competitors' products, and instead, the import dependence of the national economy is growing [5, p. 31].

Ukrainian producers of engineering products suffer from disrupted logistics chains, difficulties in fulfilling contracts and financial settlements in areas close to the combat zones, imbalance of domestic demand and production of goods burdened by import dependence, including products originating from Belarus and

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Russia. These processes are illustrated by certain indicators of foreign economic activity presented in Fig. 2.

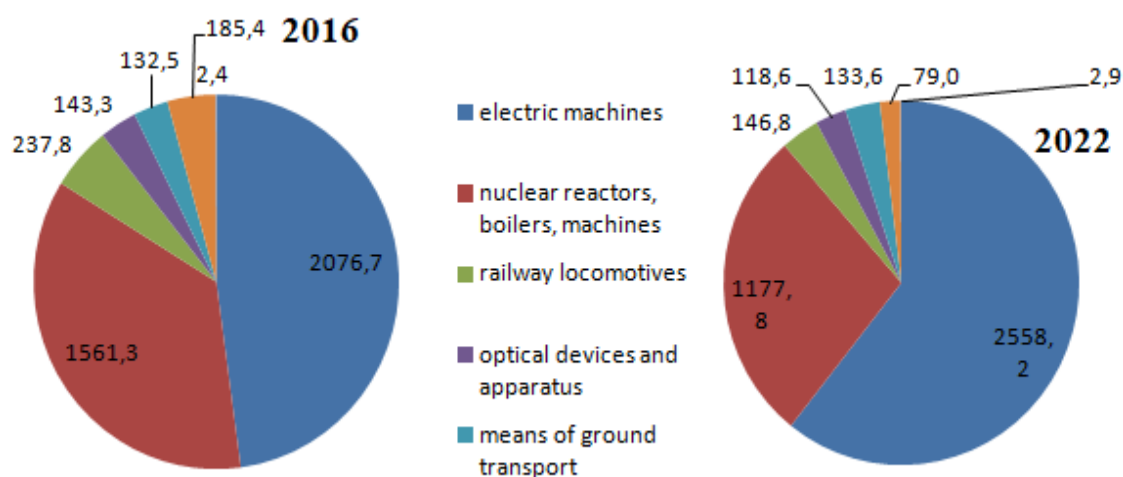


Figure 2. Volumes of exports of mechanical engineering products in Ukraine in 2016 and 2022, million dollars.

Source: compiled by the authors based on the data of the State Statistics Service [4]

The hostilities led to a loss of Ukrainian exports of engineering products by up to 70% of the level of 2021 (6107.56 million dollars in 2021 vs. 4216.9 million dollars in 2022). The loss of production capacity is compensated by significant imports of engineering products in the amount of 15983.54 million dollars in 2022, which confirms the high import dependence of the domestic market of engineering products.

The engineering industries are strategically important for socio-economic development, as they concentrate a significant number of jobs with fairly high wages. Thus, in 2021, the average number of employees at engineering enterprises amounted to 308.7 thousand people, which is 15% of the total number of people employed in industry (Table 2). That is why the restoration of existing capacities, relocation to safe regions and creation of new ones will contribute to the creation of additional jobs in the post-war recovery of Ukraine's industrial development.

Thus, the analysis confirms the importance of supporting the recovery of engineering as a key industry, the development of which has adequate resources,

contributes to the growth of other industries, and has significant development potential, as evidenced by pre-war high performance indicators (value added, production volumes, investment attractiveness) and significant social significance (creation of jobs with high wages).

The industry is characterized by fragmentation of production, which increases systemic risks in supply chain networks caused by extreme events. The uncertainty of supply and demand in the engineering industry negatively affects its economic sustainability both in domestic and foreign markets, and any disruptions in the supply chain could seriously undermine the availability of products in the industry's target markets.

In addition to domestic shocks, the war in Ukraine will have a significant impact on the global engineering industry, in particular, it will exacerbate supply chain difficulties. According to a quick survey by the German Association of the Mechanical Engineering Industry (VDMA) among its member companies, 85% of nearly 550 participants see the war as a serious or significant risk to their business. The focus is on the indirect effects: almost 80% of machinery and equipment manufacturers expect serious or noticeable effects from further increases in energy prices, general uncertainty among customers, or inflationary fluctuations. When asked about the direct consequences of Russian aggression, 45% of companies say that sanctions will have serious or noticeable effects [6]. This gives Ukraine the opportunity to occupy the market niches in the European and global markets of engineering products that have been vacated by Russian manufacturers due to sanctions, as well as to diversify its own production and become a member of global value chains of engineering products for the aviation, rocketry, medical, and military industries.

To create favorable conditions for the industry's recovery, it is important to introduce effective tools:

- removing obstacles to the engineering enterprises entry into industrial parks, namely, amending the legislation to strengthen the responsibility of local governments for creating obstacles in the allocation of land boundaries and the

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

projected point of connection (for new facilities), calculating payments for connection to the power grid and meeting connection deadlines;

- establishing an effective dialogue between state and local authorities, national producers and research and educational institutions, as well as close cooperation with European and international clusters;

- improving the system of public procurement and ordering through the formation of strategic procurement planning; reducing the control and regulatory functions of the state, liberalizing investments, taking into account the information and economic security of the state;

- amendments to the legislation to stimulate innovation in the field of Industry 4.0 implementation;

- establishing a system of state guarantees for foreign investors and a system of military risk insurance; supporting economic sustainability by providing grants for the development of small and medium-sized businesses;

- simplifying access into the entrepreneurial capital sector by optimizing the regulatory policy, reducing the number of inspections, providing preferential lending or other financing, including for the purchase of equipment for backup power supply;

- updating, consolidating and harmonizing existing government and sectoral strategic documents in line with the European vector "A European Green Deal" [7], "Sustainable and Smart Mobility Strategy" [8] and the "Transport and the Green Deal" roadmap [9].

The promising types of engineering, which will have a synergistic effect in the process of post-war recovery of Ukraine, include

- production of military and special equipment, means of defense to increase Ukraine's defense capability (including through cooperation with international manufacturers);

- production of agricultural engineering to meet the internal needs of the agro-industrial complex of Ukraine, taking into account existing and promising

technologies of agricultural production and facilitating access to modern equipment for Ukrainian agricultural producers (tractors, beet harvesters, grain harvesters, tractor sprayers, machines for cleaning, sorting and calibration);

- transport engineering to accelerate infrastructure reconstruction; restoration of logistics support, taking into account critical logistics problems (restoration of the railroad car fleet, especially grain cars in accordance with EU standards, trucks, containers, etc.) European companies, especially those producing cars and spare parts, which have closed production in the Russian market, may relocate their facilities to Ukraine, provided that favorable conditions are provided for such relocation and that exports and imports are established;

- energy engineering for various energy sectors (equipment for electricity production from renewable energy sources, use of renewable energy sources in the field of heat supply in the residential and domestic sectors, low- and medium-energy-intensive industrial processes). This will accelerate the solution of the tasks of increasing energy sustainability, in particular, decarbonization, greening and increasing energy efficiency of the economy, the priority of which is enshrined in the European Green Deal and the EU strategy on energy system integration [10];

- creation of favorable conditions for the successful functioning of the "circulatory system" of the Ukrainian economy - the cable and wire industry, whose products play a strategically important role in the energy supply of all sectors of the economy and contain a high share of added value. To this end, it is important to address the following tasks: creating new value chains in the closed-loop economy, reducing the amount of waste from the production and consumption of cable and wire products, ensuring rational resource consumption in the production of cable and wire products, and resolving the issue of their utilization.

Conclusions. Russia's full-scale invasion of Ukraine has been going on for over a year, causing both economic and human losses and massive destruction. This particularly threatens the economic security and the formation of the economic foundation of our country - industry, in particular its structure-forming industry – mechanical engineering.

The analysis of pre-war development trends and the assessment of the impact of military operations on the development of the engineering industry have proven its significant stress resistance and adaptability to harsh operating conditions. Ukrainian engineering is an industry that contains significant potential and appropriate resources, the development of which contributes to the growth of other industries and has high performance indicators (added value, production volumes, investment attractiveness), is characterized by significant innovation capacity and has social significance (creation of jobs with high wages).

The conducted research allows us to conclude that the main factor in accelerating post-war recovery of industry on the principles of sustainable development in the long term is the choice of a trajectory towards a socially oriented economy by creating a favorable environment to support existing and open new engineering industries based on the European principles of green and digital transition. Given that the country's economic growth is based on the economic basis of the regions as a subsystem of the national economy, it is important to study the peculiarities of strategic management of the development of industrial complexes in the region as a process of changing the socio-economic system aimed at improving the welfare of the population, ensuring the sustainability of the system in the present and future and contributing to the competitiveness of the whole country.

Research on the above indicated directions is the subject of further scientific researches as to improving the of the economic environment through the implementation of industrial policy tools proven in other countries (networks of industrial parks, stimulation of cluster movement, promotion of partnerships with foreign manufacturers), support of export activities and diversification of production, introduction of incentive and compensation mechanisms at the state, regional and local levels; expansion of domestic demand for domestic machine-building products in post-war recovery.

REFERENCES

1. Kushnirenko, O., Gakhovych, N., Venger, L. (2022). Industrial ensuring for combating military aggression [Scientific bulletin of International Association of Scientists. Series: Economy, Management, Security, Technology] Volume 1, Issue 2. URL: <https://man.org.ua/Issue2.html>. [in Eng.]
2. Deineko, L.V., Kushnirenko, O.M., Tsyplitska, O.O., Gakhovych, N. G. (2022). Naslidky povnomasshtabnoi voiennoi ahresii RF dlia ukrainskoi promyslovosti [Consequences of full-scale military aggression of the Russian Federation for Ukrainian industry. Ukraine economy]. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*. 5. 3–25. DOI : <https://doi.org/10.15407/economyukr.2022.05.003> [in Ukr.]
3. Cherif R., Hasanov F. (2019). The Return of the Policy That Shall Not Be Named: Principles of Industrial Policy. Working Paper International Monetary Fund. №. 074. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/03/26/The-Return-of-the-Policy-That-Shall-Not-Be-Named-Principles-of-Industrial-Policy-46710>. [in Eng.]
4. State Statistics Service of Ukraine. (2023). URL: <https://ukrstat.gov.ua>. [in Ukr.]
5. Deineko, L.V. (2018). Development of industry to ensure the growth and renewal of the Ukrainian economy: a scientific and analytical report, Institute of Economics and forecasting of the National Academy of Sciences of Ukraine. 158. URL: <http://ief.org.ua/docs/sr/301.pdf> [in Ukr.]
6. Haeusgen K.(2022). Ukraine war makes its impact felt on production in mechanical engineering. Release VDMA. URL: <https://www.thenewsmarket.com/news/ukraine-war-makes-its-impact-felt-on-production-in-mechanical-engineering/s/f8533225-e1d5-4007-ba14-da2a70d062fb>. [in Eng.]
7. European Commission. (2019). A European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent. European Commission. URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en [in Eng.]
8. European Commission. (2020). EU strategy on energy system integration. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-system-integration/eu-strategy-energy-system-integration_en. [in Eng.]
9. European Commission. (2020). Sustainable and Smart Mobility Strategy. URL: https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12438-Sustainable-and-Smart-Mobility- Strategy_en [in Eng.]
10. European Commission. (2019). Transport and the Green Deal. URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/transport-and-green-deal_en [in Eng.]

2.4. Особливості прийняття управлінських антикризових рішень в умовах епідемічної небезпеки поширення COVID-19

В Україні для забезпечення реалізації державної політики у сфері цивільного захисту функціонує ЄДСЦЗ, яка складається з функціональних і територіальних підсистем та спрямована на розв'язання питань забезпечення необхідного рівня безпеки життєдіяльності території держави лише в умовах, коли виникла НС [1–3].

При цьому, цілковито відкритими для держави залишаються проблемні питання реалізації, базуючись на уявленнях системного підходу та за даними рис. 1, в системі ЄДСЦЗ функції моніторингу та розробки ефективних управлінських рішень всіх локальних підсистем, спрямованих на попередження та локалізацію НС, в умовах зародження джерел небезпек різної природи [4–8].

Незалежно від класифікаційної власності, у розвитку НС виділяють, згідно даних рис. 2, чотири стадії, а саме: 1) стадія зародження НС – накопичення відхилень (у системи або в процесі) від її (його) нормального стану доти, поки система (процес) не набуде неусталеності. В цей період виникають різного роду попередні (F_1) фактори НС. У випадку техногенної НС цю стадію можна назвати "аварійною ситуацією" – аварія ще не відбулася, але її передумови є в наявності.; 2) стадія ініціювання або початку НС – своєрідний "спусковий гачок", який запускає в дію уражаючі (F_2) фактори НС; 3) стадія кульмінації процесу НС – стадія вивільнення енергії чи речовин. На цій стадії відзначається найбільший негативний вплив шкідливих та небезпечних факторів НС на людину та навколишнє природне середовище. Однією з особливостей цієї стадії є вибуховий характер руйнівної дії, залучення до процесу токсичних, енергонасичених та інших компонентів; 4) процес згасання – локалізація НС, а також ліквідація її прямих та непрямих наслідків. Тривалість цієї стадії різна, можливі дні, місяці, роки та десятиліття.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

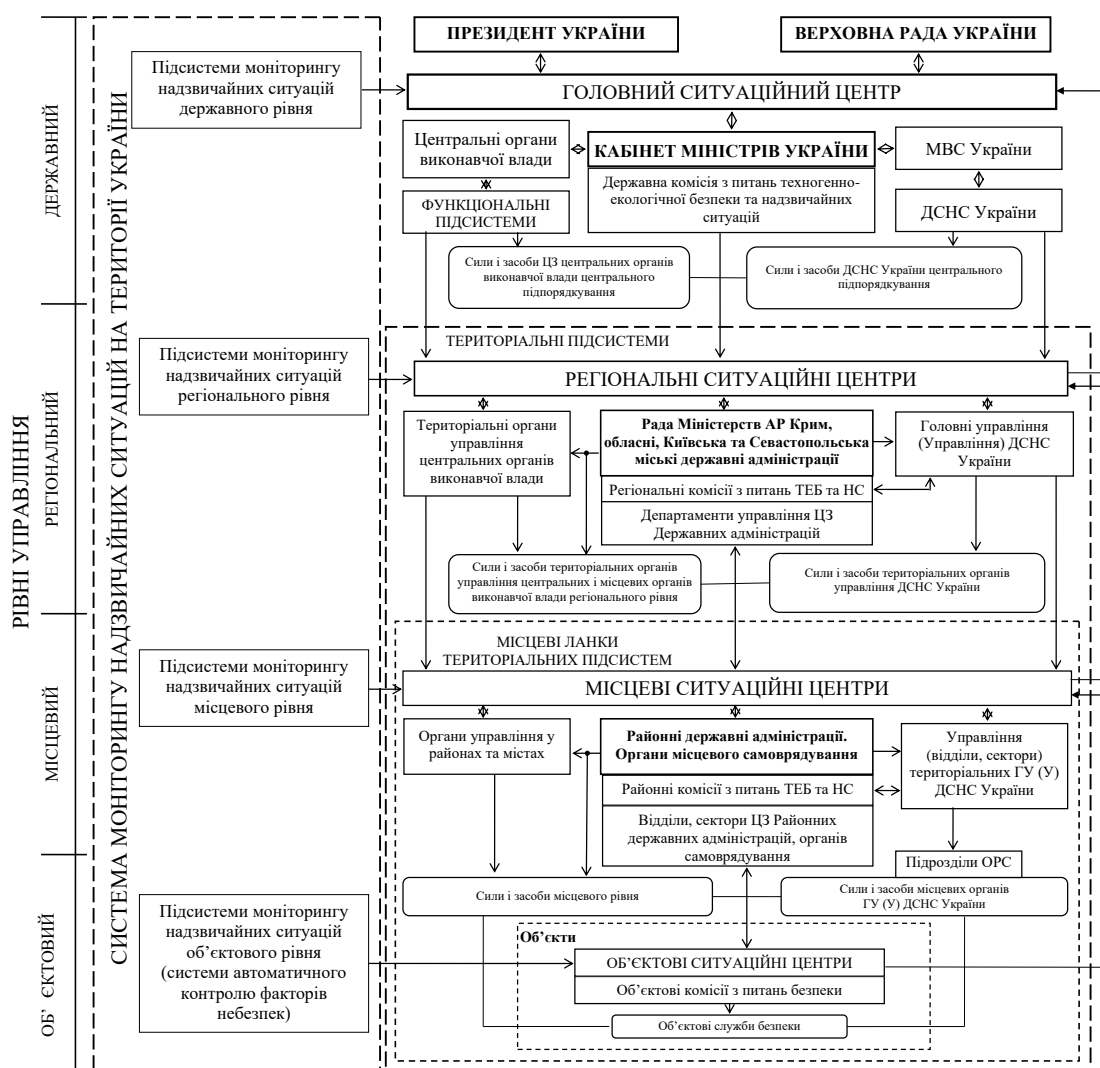


Рис. 1. Комплексна функціональна схема інформаційно-аналітичної підсистеми управління процесами запобігання, локалізації та ліквідації наслідків НС у Єдиній державній системі цивільного захисту

В залежності від стадії розвитку НС система ЄДСЦЗ може функціонувати в режимі повсякденного функціонування, в режимі підвищеної готовності, а також в режимі надзвичайної ситуації. Режим повсякденного функціонування ЄДСЦЗ встановлюється за умов нормальної виробничо-промислової, радіаційної, хімічної, сейсмічної, гідрогеологічної, гідрометеорологічної, техногенної та пожежної обстановки та за відсутності епідемій, епізоотій, епіфітотій. У разі виявлення системою моніторингу НС (СМНС) загрози виникнення НС для ЄДСЦЗ у повному обсязі або частково

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

для окремих її територіальних підсистем тимчасово встановлюється режим підвищеної готовності. У разі виникнення НС для ЄДСЦЗ у повному обсязі або частково для окремих її територіальних підсистем тимчасово встановлюється режим надзвичайної ситуації.

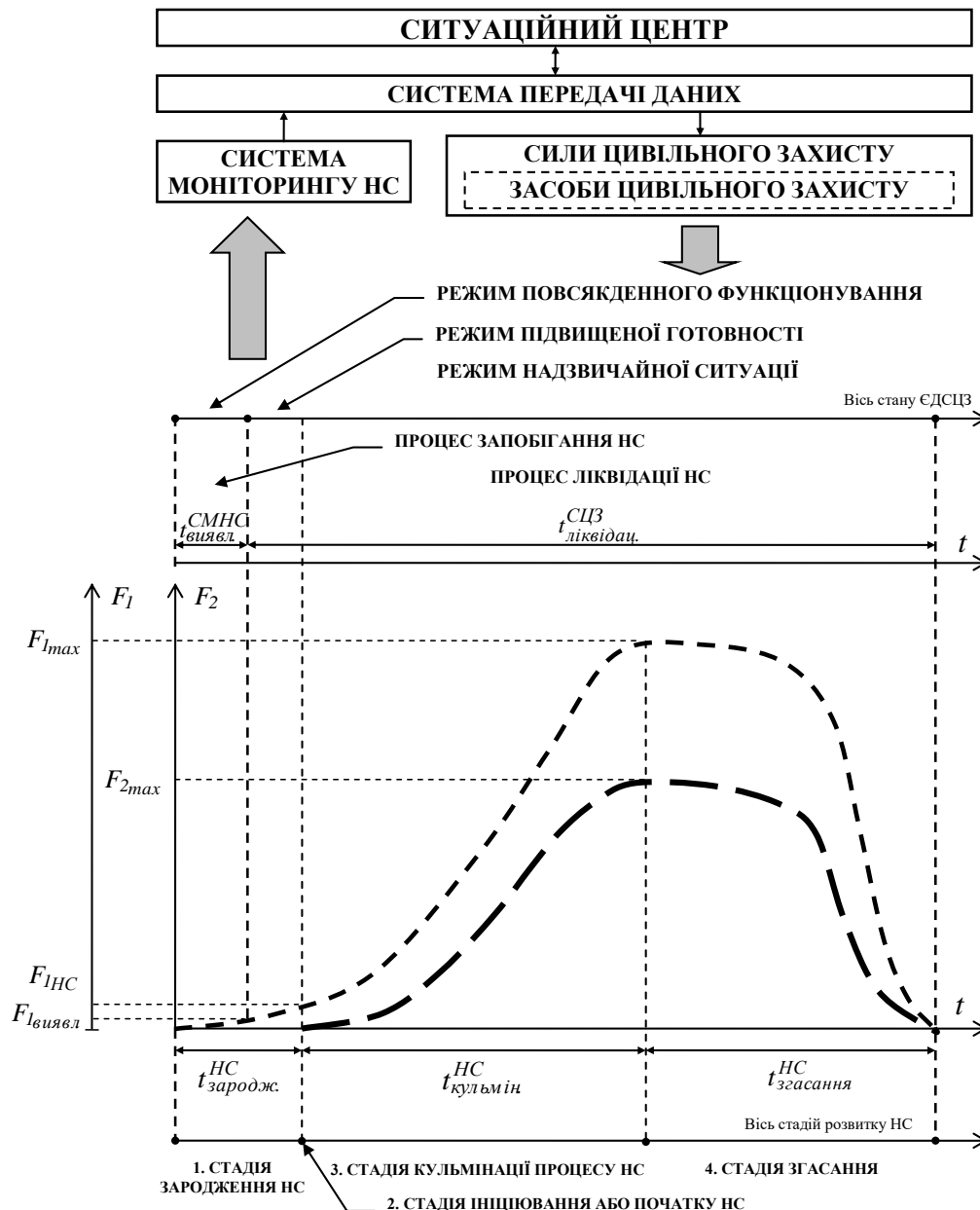


Рис. 2. Дії інформаційно-аналітичної підсистеми управління процесами запобігання та ліквідації НС у Єдиній державній системі цивільного захисту відповідно до стадій розвитку гіпотетичної надзвичайної ситуації

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Одним з перспективних напрямків розвитку інформаційно-аналітичного забезпечення прийняття управлінських рішень, взаємодії, координації і контролю за діяльністю органів виконавчої влади, правоохоронних органів та військових формувань у сферах національної безпеки і оборони у мирний час, а також в особливий період, у тому числі в умовах воєнного стану, в умовах надзвичайного стану та під час виникнення кризових ситуацій, що загрожують національній безпеці України, є створення та розширення єдиної мережі ситуаційних центрів, до складу якої мають входити Головний ситуаційний центр України, Урядовий ситуаційний центр, ситуаційні центри органів сектору безпеки і оборони, ситуаційні центри центральних органів виконавчої влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської та Севастопольської міських державних адміністрацій, а також резервні та рухомі ситуаційні центри [9].

Ситуаційний центр при функціонуванні в ЄДСЦЗ повинен, у відповідності до даних рис. 3, забезпечити: 1) аналіз отриманої від підсистеми моніторингу інформації; 2) моделювання розвитку НС на території міста, регіону, держави; 3) розробку та ухвалення управлінських рішень щодо запобігання виникненню та ліквідації НС, а також мінімізації їх наслідків.

Функціонування, представленої на рис. 3, схеми в умовах повноти вхідної інформації та наявності одного часткового критерію оцінювання множини допустимих рішень не представляє труднощів при обґрунтування оптимальних антикризових рішень. З іншого боку, сучасні проблемні ситуації характеризуються неповнотою знань (невизначеністю) вихідних даних та множиною часткових критеріїв оцінювання. Таким чином, традиційний підхід, заснований на декомпозиції проблеми на дві умовно незалежні задачі – багатокритеріальної оптимізації в детермінованій, тобто без урахування невизначеності, постановці і прийняття рішення в умовах невизначеності для скалярної цільової функції в сучасних умовах, не задовольняє вимогам практики за точністю й ефективністю.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

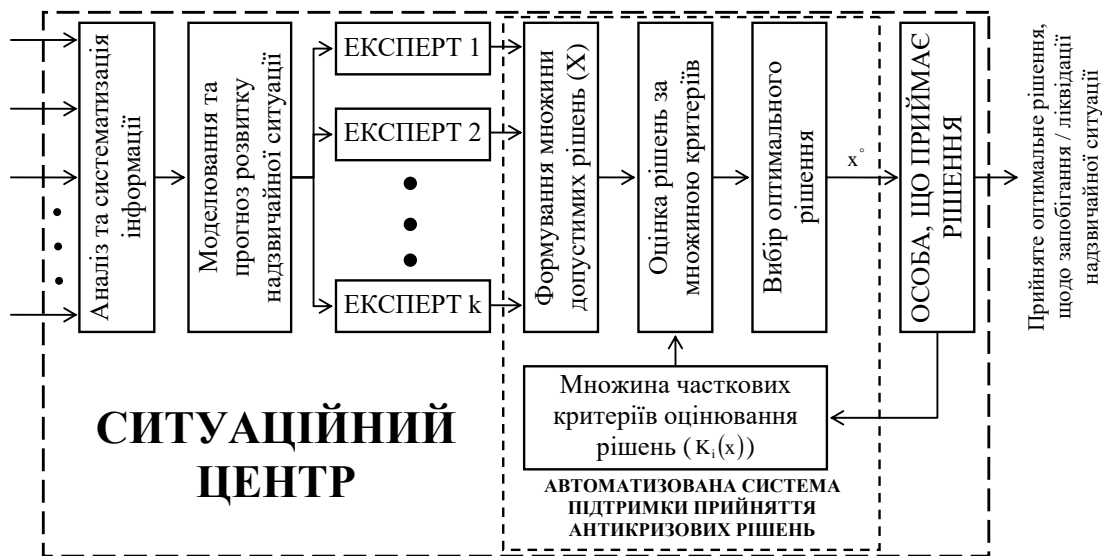


Рис. 3. Функціональна схема обґрунтування оптимальних антикризових рішень щодо забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності при надзвичайних ситуаціях різного характеру, в умовах невизначеності вхідної інформації для експертів системи ситуаційних центрів Єдиної державної системи цивільного захисту

Це обумовлено тим, що задача багатокритеріальної оптимізації в принципі є некоректною, тому що дозволяє визначити рішення тільки з точністю до області компромісних рішень, а її регуляризація для визначення єдиного рішення, заснована на розрахунку узагальненої багатофакторної скалярної оцінки, базується на погано структурованих, суб'єктивних експертних оцінках, детермінізація яких призводить до великих похибок. З іншого боку, методи прийняття рішень в умовах невизначеності за скалярною оцінкою і очікуваного ефекту, без урахування його багатокритеріальності, так само не адекватні. Тому викає необхідність розвитку методології комплексного вирішення задачі прийняття рішень з урахуванням багатокритеріальності і неповної невизначеності вихідних даних.

Допустима множина рішень експертів ситуаційного центру ЄДСЦЗ у загальному випадку, згідно [10, 11], включає підмножину узгоджених X^S та неузгоджених (компромісних) X^C рішень щодо забезпечення відповідного

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

рівня безпеки на відповідному рівні життєдіяльності (об'єктовому, місцевому, регіональному та державному) при НС. Особливістю останньої підмножини є неможливість покращити ні одного часткового критерію $k_i(x)$, $i = \overline{1, n}$ без погіршення якості хоч би одного іншого часткового критерію. Крім того, ефективне рішення x° обов'язково належить області компромісів. Це означає, що задача багатокритеріальної оптимізації

$$x^\circ = \underset{x \in X}{\operatorname{arg\,extr}} \langle k_i(x) \rangle, \quad \forall i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

не має рішення, тобто є некоректною задачею згідно Адамару [12], оскільки у загальному випадку не забезпечує визначення єдиного оптимального рішення із множини компромісів X^C . У зв'язку з цим, виникає задача багатокритеріальної оптимізації.

Процедура прийняття експертами ситуаційного центру управлінських антикризових рішень ускладнюється тим, що необхідними умовами ефективності рішень є їх своєчасність, повнота й оптимальність. Тому, підвищення ефективності прийнятих рішень пов'язане з необхідністю рішення задачі багатокритеріальної оптимізації в умовах невизначеності при виникненні НС різного характеру. Це також потребує розробки формальних, нормативних методів і моделей для комплексного рішення проблеми прийняття рішень в умовах багатокритеріальності й невизначеності при управлінні процесами запобігання та локалізації НС медико-біологічного характеру для забезпечення ефективного функціонування ЄДСЦЗ.

На сьогодні серед НС медико-біологічного характеру найбільшу небезпеку становить інфекційна хвороба, яку спричиняє новий штам коронавірусу (COVID-19). Так, у всьому світі більше 50 млн. людей захворіли на COVID-19. Від хвороби померло понад 1,26 млн. людей. В Україні перший випадок захворювання на COVID-19 було зафіксовано в Чернівцях 29 лютого (підтверджено 3 березня) 2020 р. у чоловіка, який прибув з Італії. Відтоді було зареєстровано понад 3 500 тис. випадків зараження, з яких близько 91000 виявилися летальними [13–18].

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Ці дані визначили напрямок наших досліджень щодо подальшого розвитку науково-технічних основ створення в ЄДСЦЗ системи ситуаційних центрів. Так, відповідно до [19] та залежно від епідемічної ситуації на території України встановлюється “зелений”, “жовтий”, “помаранчевий” або “червоний” рівень епідемічної небезпеки поширення COVID-19.

Базуючись на цих уявленнях, в роботі [20] розроблено процедуру функціонування регіонального ситуаційного центру щодо підтримки прийняття антикризових рішень стосовно встановлення на регіональному рівні управління відповідного рівня епідемічної небезпеки поширення COVID-19. Цю процедуру представлено схематично на рис. 4, де $N_{\text{Інфіков.}}^{\text{Регіон}}(t)$ – показник виявлення нових випадків інфікування COVID-19 на 100 тис. населення, $K_{\text{Тест}\Sigma}^{\text{Регіон}}(t)$ – показник виявлення випадків інфікування COVID-19 (методом полімеразної ланцюгової реакції та експрес-тесту на визначення антигена коронавірусу SARS-CoV-2), $K_{\text{Тест}^+}^{\text{Регіон}}(t)$ – кількість тестувань методом полімеразної ланцюгової реакції та експрес-тесту на визначення антигена коронавірусу SARS-CoV-2 на 100 тис. населення, $K_{\text{Ліжки}^+}^{\text{Регіон}}(t)$ – показник завантаженості ліжок, забезпечених подачею медичного кисню у закладах охорони здоров’я, визначених для госпіталізації пацієнтів з підтвердженим випадком COVID-19, $N_{\text{Госпітал.}}^{\text{Регіон}}(t)$ – кількість госпіталізованих пацієнтів з підтвердженим та підозрілим випадком COVID-19.

За даними рис. 4, “зелений”, “жовтий” та “помаранчевий” рівні епідемічної небезпеки визначаються в системі єдиного часу (t) за результатами щоденної оцінки (де $K_{A_1} = 3$ доби і $K_{A_2} = 7$ діб – кількість діб для проведення процедури першого і другого етапу аналізу, $T_{M_1} = 7$ діб і $T_{M_2} = 14$ діб – перший і другий період спостереження) відповідних ознак епідемічної небезпеки як на окремій території так і в цілому в державі.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

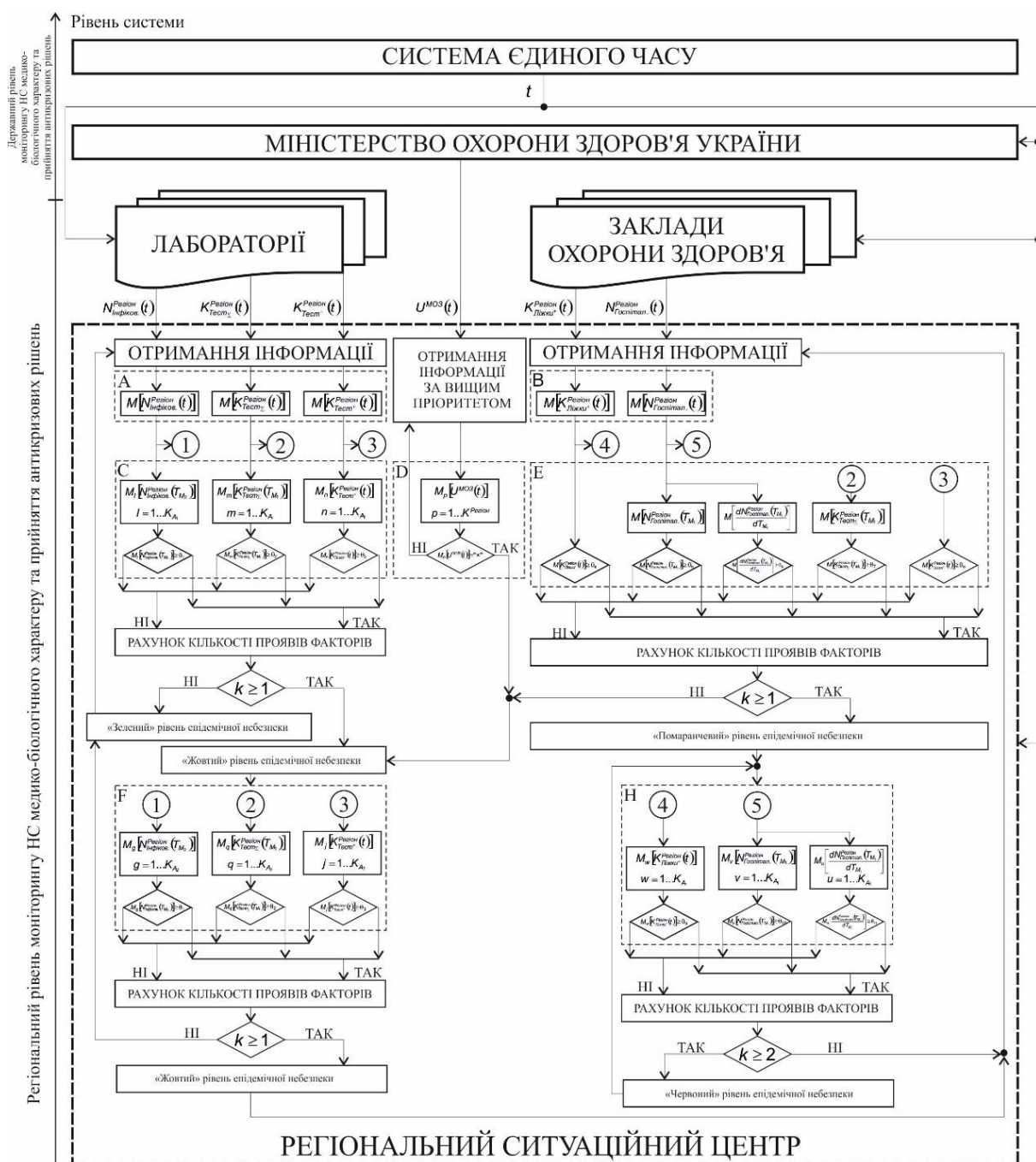


Рис. 4. Схема реалізації процедури функціонування ситуаційного центру щодо підтримки прийняття антикризових рішень стосовно встановлення на регіональному рівні управління відповідного рівня епідемічної небезпеки поширення COVID-19

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Підхід щодо встановлення «жовтого» рівня епідемічної небезпеки реалізовано шляхом реалізації у регіональному ситуаційному центрі наступних інформаційно-технічних процедур: 1) отримання у реальному масштабі часу від лікарень інформації щодо значень показників $N_{\text{Інфіков.}}^{\text{Регіон}}(t)$, $K_{\text{Тест}\Sigma}^{\text{Регіон}}(t)$ і $K_{\text{Тест}^+}^{\text{Регіон}}(t)$; 2) отримання від МОЗ України за вищим пріоритетом у реальному масштабі часу інформації щодо рівня епідемічної небезпеки в регіонах держави ($U^{\text{МОЗ}}(t)$); 3) формування в блоці «А» динамічних масивів даних моніторингу діяльності лабораторій, а саме: $M[N_{\text{Інфіков.}}^{\text{Регіон}}(t)]$, $M[K_{\text{Тест}\Sigma}^{\text{Регіон}}(t)]$ і $M[K_{\text{Тест}^+}^{\text{Регіон}}(t)]$; 4) формування в блоці «С» масивів даних запитів результатів діяльності лабораторій у відповідні терміни спостережень, а саме: $M_l[N_{\text{Інфіков.}}^{\text{Регіон}}(T_{M_2})]$, $l = 1 \dots K_{A_1}$; $M_m[K_{\text{Тест}\Sigma}^{\text{Регіон}}(T_{M_1})]$, $m = 1 \dots K_{A_1}$; $M_n[K_{\text{Тест}^+}^{\text{Регіон}}(t)]$, $n = 1 \dots K_{A_1}$; 5) формування в блоці «D» динамічних масивів даних від МОЗ України щодо рівня епідемічної небезпеки в регіонах держави, а саме: $M_p[U^{\text{МОЗ}}(t)]$, $p = 1 \dots K^{\text{Регіон}}$ (де $K^{\text{Регіон}}$ – кількість регіонів держави); 6) виявлення фактів перевищення значень факторів небезпеки порогових рівней, а саме: $M_l[N_{\text{Інфіков.}}^{\text{Регіон}}(T_{M_2})] \geq \theta_1$; $M_m[K_{\text{Тест}\Sigma}^{\text{Регіон}}(T_{M_1})] \geq \theta_2$; $M_n[K_{\text{Тест}^+}^{\text{Регіон}}(t)] \geq \theta_3$; $M_p[U^{\text{МОЗ}}(t)] = \text{«Ч»}$ (де $\theta_1 = 75 \cdot 10^{-5}$ осіб, $\theta_2 = 4\%$, $\theta_3 = 3 \cdot 10^{-3}$ тестувань); 7) рахунок кількості (k) проявів факторів небезпеки; 8) формування, в залежності від отриманих результатів, обґрунтованих антикризових рішень для Державної комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій (Державна комісія з питань ТЕБ та НС) щодо встановлення «зеленого» (при $k = 0$ – кількість проявів факторів небезпеки) або «жовтого» (при $k \geq 1$) рівня епідемічної небезпеки.

У разі встановлення на території держави «жовтого» рівня епідемічної небезпеки регіональний ситуаційний центр здійснює заходи, які спрямовані на повторну перевірку епідемічного стану регіону та оцінку можливості переходу системи на інший рівень епідемічної небезпеки.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Цей підхід реалізовано шляхом реалізації у регіональному ситуаційному центрі наступних інформаційно-технічних процедур: 1) формування в блоці «F» масивів даних запитів результатів діяльності лабораторій у відповідні терміни спостережень, а саме: $M_g [N_{\text{Інфіков.}}^{\text{Регіон}}(T_{M_2})]$, $g = 1 \dots K_{A_2}$; $M_q [K_{\text{Тест}\Sigma}^{\text{Регіон}}(T_{M_1})]$, $q = 1 \dots K_{A_2}$; $M_j [K_{\text{Тест}^+}^{\text{Регіон}}(t)]$, $j = 1 \dots K_{A_2}$; 2) виявлення фактів перевищення значень факторів небезпеки порогових рівней, а саме: $M_g [N_{\text{Інфіков.}}^{\text{Регіон}}(T_{M_2})] \geq \theta_1$; $M_q [K_{\text{Тест}\Sigma}^{\text{Регіон}}(T_{M_1})] \geq \theta_2$; $M_j [K_{\text{Тест}^+}^{\text{Регіон}}(t)] \geq \theta_3$; 3) рахунок кількості проявів факторів небезпеки; 4) формування, в залежності від отриманих результатів, обґрунтованих антикризових рішень для Державна комісія з питань ТЕБ та НС щодо переходу системи до «зеленого» (при $k = 0$) рівня епідемічної небезпеки або зберігання стану системи на «жовтому» (при $k \geq 1$) рівні епідемічної небезпеки.

У разі зберігання на території держави «жовтого» рівня епідемічної небезпеки регіональний ситуаційний центр здійснює заходи, які спрямовані на оцінку ситуації щодо переходу регіону до попереджувального «помаранчевого» рівня епідемічної небезпеки, який потребує запровадження посиленних обмежувальних протиепідемічних заходів.

Підхід щодо встановлення «помаранчевого» рівня епідемічної небезпеки реалізовано шляхом реалізації у регіональному ситуаційному центрі наступних інформаційно-технічних процедур: 1) отримання у реальному масштабі часу від закладів охорони здоров'я інформації щодо значень показників $K_{\text{Ліжки}^+}^{\text{Регіон}}(t)$ і $N_{\text{Госпітал.}}^{\text{Регіон}}(t)$; 2) формування в блоці «B» динамічних масивів даних моніторингу діяльності закладів охорони здоров'я, а саме: $M [K_{\text{Ліжки}^+}^{\text{Регіон}}(t)]$ і $M [N_{\text{Госпітал.}}^{\text{Регіон}}(t)]$; 3) формування в блоці «E» масивів даних запитів результатів діяльності закладів охорони здоров'я у відповідні терміни спостережень, а саме: $M [N_{\text{Госпітал.}}^{\text{Регіон}}(T_{M_1})]$; $M \left[\frac{dN_{\text{Госпітал.}}^{\text{Регіон}}(T_{M_1})}{dT_{M_1}} \right]$; $M [K_{\text{Тест}\Sigma}^{\text{Регіон}}(T_{M_1})]$; 4) виявлення фактів перевищення значень факторів небезпеки порогових рівней, а саме: $M [K_{\text{Ліжки}^+}^{\text{Регіон}}(t)] \geq \theta_4$; $M [N_{\text{Госпітал.}}^{\text{Регіон}}(T_{M_1})] \geq \theta_5$; $M \left[\frac{dN_{\text{Госпітал.}}^{\text{Регіон}}(T_{M_1})}{dT_{M_1}} \right] \geq$

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

θ_6 ; $M[K_{\text{Тест}\Sigma}^{\text{Region}}(T_{M_1})] \geq \theta_7$; $M[K_{\text{Тест}^+}^{\text{Region}}(t)] \geq \theta_8$ (де $\theta_4 = 65\%$, $\theta_5 = 6 \cdot 10^{-4}$ осіб, $\theta_6 = 50\%$, $\theta_7 = 3 \cdot 10^{-3}$ тестувань); 5) рахунок кількості проявів факторів небезпеки; 6) формування, в залежності від отриманих результатів, обґрунтованих антикризових рішень для Державна комісія з питань ТЕБ та НС щодо переходу регіону до «помаранчевого» (при $k \geq 1$) рівня епідемічної небезпеки або зберігання стану регіону на «жовтому» (при $k = 0$) рівні епідемічної небезпеки.

У разі встановлення на території регіону «помаранчевого» рівня епідемічної небезпеки регіональний ситуаційний центр здійснює заходи, які спрямовані на оцінку ситуації щодо переходу регіону до «червоного» рівня епідемічної небезпеки.

Підхід щодо встановлення «червоного» рівня епідемічної небезпеки реалізовано шляхом реалізації у регіональному ситуаційному центрі наступних інформаційно-технічних процедур: 1) формування в блоці «Н» масивів даних запитів результатів діяльності закладів охорони здоров'я у відповідні терміни спостережень, а саме: $M_w[K_{\text{Ліжки}^+}^{\text{Region}}(t)]$, $w = 1 \dots K_{A_1}$; $M_v[N_{\text{Госпітал.}}^{\text{Region}}(T_{M_1})]$, $v = 1 \dots K_{A_1}$; $M_u\left[\frac{dN_{\text{Госпітал.}}^{\text{Region}}(T_{M_1})}{dT_{M_1}}\right]$, $u = 1 \dots K_{A_1}$; 2) виявлення фактів перевищення значень факторів небезпеки порогових рівней, а саме: $M_w[K_{\text{Ліжки}^+}^{\text{Region}}(t)] \geq \theta_9$; $M_v[N_{\text{Госпітал.}}^{\text{Region}}(T_{M_1})] \geq \theta_{10}$; $M_u\left[\frac{dN_{\text{Госпітал.}}^{\text{Region}}(T_{M_1})}{dT_{M_1}}\right] \geq \theta_{11}$ (де $\theta_9 = 65\%$, $\theta_{10} = 6 \cdot 10^{-4}$ осіб, $\theta_{11} = 50\%$); 3) рахунок кількості проявів факторів небезпеки; 4) формування, в залежності від отриманих результатів, обґрунтованих антикризових рішень для Державна комісія з питань ТЕБ та НС щодо переходу регіону до «помаранчевого» (при $k \leq 2$) рівня епідемічної небезпеки або зберігання стану регіону на «червоному» (при $k \geq 2$) рівні епідемічної небезпеки.

Таким чином, представлені в роботі [20] результати є частиною запланованих наукових досліджень, які спрямовані на створення в ЄДСЦЗ системи ситуаційних центрів, з метою удосконалення процедури підтримки прийняття антикризових рішень щодо взаємного функціонування органів

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

державної влади, органів місцевого самоврядування, силових відомств та комунальних служб для ефективної реалізації в мирний час та в особливий період комплексу заходів, що спрямовані на захист населення, територій, навколишнього природного середовища, майна, матеріальних і культурних цінностей на різних стадіях розвитку НС природного, техногенного, соціального та воєнного характеру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI. Голос України. 2012. листопад (№ 220(5470)). С. 4–20.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 9 січня 2014 року № 11 «Про затвердження Положення про Єдину державну систему цивільного захисту».
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 11 березня 2015 року № 101 «Про затвердження типових положень про функціональну і територіальну підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту».
4. Андронов В.А., Дівізінюк М.М., Калугін В.Д., Тютюник В.В. Науково-конструкторські основи створення комплексної системи моніторингу надзвичайних ситуацій в Україні: Монографія. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2016. 319 с.
5. Тютюник В.В., Калугін В.Д., Пискалова О.О. Основоположні принципи створення у Єдиній державній системі цивільного захисту інформаційно-аналітичної підсистеми управління процесами попередження й локалізації наслідків надзвичайних ситуацій. Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. 2018. Вип. 4(50). С. 168–177.
6. Тютюник В.В., Калугін В.Д., Пискалова О.О. Управлінські основи створення у Єдиній державній системі цивільного захисту інформаційно-аналітичної підсистеми управління процесами попередження й локалізації наслідків надзвичайних ситуацій. Вісник національного університету цивільного захисту України. Серія "Державне управління". Харків: Національний університет цивільного захисту України. 2020. Вип. 1(12). С. 546–571.
7. Рубан І.В., Тютюник В.В., Тютюник О.О. Особливості створення системи підтримки прийняття антикризових рішень в умовах невизначеності вхідної інформації при надзвичайних ситуаціях. Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського. 2021. №1(40). С. 75–84.
8. Тютюник В.В., Ященко О.А., Рубан І.В., Тютюник О.О. Особливості функціонування системи ситуаційних центрів на різних стадіях розвитку надзвичайних ситуацій. Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського. 2022. Вип. 1(43). С. 41–52.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

9. Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 4 червня 2021 року «Щодо удосконалення мережі ситуаційних центрів та цифрової трансформації сфери національної безпеки і оборони», Введено в дію Указом Президента України від 18 червня 2021 року № 260/2021.
10. Петров Э.Г., Писклакова О.А. Анализ подходов к решению задачи поиска оптимального решения в условиях неопределенности. Вестник ХНТУ. 2007. №4(27). С. 14–19.
11. Петров Э.Г., Писклакова О.А. Постановка задачи взаимной трансформации различных видов неопределенности. Комп'ютерне моделювання та інтелектуальні системи: Збірник наукових праць. 2007. С.190 – 193.
12. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребеннік І.В. Методи і засоби прийняття рішень в соціально – економічних системах. К.: Техніка, 2004. 256 с.
13. Оперативна інформація про поширення та профілактику COVID-19. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://moz.gov.ua/article/news/operativna-informacija-pro-roshirennya-koronavirusnoi-infekcii-2019-cov19>.
14. Мешканців Харківщини закликають готуватися до нової хвилі коронавірусу. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://2day.kh.ua/ua/kharkow/meshkantsiv-kharkivshchynu-zaklykayut-hotuvatysya-do-novoyi-khvyli-koronavirusu>.
15. Соловійов С.О., Дзюбли І.В., Мінце О.П. Прогностична модель епідемічного процесу коронавірусної інфекції COVID-19 в Україні. Медична інформатика та інженерія. 2020. № 2. С. 70–78. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/here/article/view/11176/10719>
16. Бровченко Ігор. Розробка математичної моделі поширення епідемії COVID-19 в Україні. Світогляд. 2020. №2(82). С. 2–14.
17. Шаховська Наталія. 50,5 млн людей у світі захворіли на COVID-19... Світогляд. 2020. № 6(86). С. 40–41.
18. Гадецька З.М., Меркотан М.В. Аналіз і прогнозування рівня захворюваності на COVID-19 в країнах Європейського регіону. Економіка і суспільство. 2022. Вип. 39.
19. Постанова Кабінету Міністрів України від 09 грудня 2020 р. №1236 «Про встановлення карантину та запровадження обмежувальних протиепідемічних заходів з метою запобігання поширенню на території України гострої респіраторної хвороби COVID-19, спричиненої коронавірусом SARS-CoV-2».
20. Тютюник О.О., Рубан І.В., Тютюник В.В., Бринза Н.О. Особливості підтримки прийняття антикризових рішень в умовах надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру (на прикладі епідемічної небезпеки поширення COVID-19). Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського. 2022. Вип. 3(45). С. 45–54.

2.5. Forecasting of average salary in Ukraine based on exponential smoothing models by Data Science tools

Introduction

One of the most complex and important socio-economic indicators is salary. This finance indicator combines interests and the needs of employees, employers and the state, that is, determines the effectiveness of social labor relations.

Salary is the main source of income for employees, the basis of the material well-being of their family members, for employers it is a component of the mechanism for optimizing the costs of the enterprise's economic activity and the main motivator of effective staff work and a source of its reproduction; an important factor in the reproduction of social production and determines the level and quality of social development at the macroeconomic level. In the macroeconomic context, salary also plays an important role for economic governance, as it influences on economic growth of the country. On the one hand, salary policies can contribute to a strengthening of domestic demand, thereby reducing imbalances in the global economy. On the other hand, a salary increasing can strengthen recessions, changing an economy off the growth way. The level of average salary is unstably, because economic processes change from year to year, market functioning mechanisms change, etc. Moreover, it depends on many factors: industry and regional, state of the labour market, complexity, working conditions, level of qualification, results of the company's activities, etc [8]. It makes difficult to study the trends of changes in this process in the future.

Scientifically based forecasts of the level of average salary make it possible to determine the social and economic goals and priorities of the country's development. Therefore, the research becomes relevant. One of the most popular approaches to forecasting the dynamics of the level of average salary is the construction of mathematical models based on statistical (experimental) data with the calculation of forecasts.

The greatest effectiveness of forecasting can be ensured by carrying out a time analysis of the process, which will make it possible to predict in advance the

phases of increase and decrease of salary and develop appropriate measures of socio-economic policy. In more detail, the methodology of time series research and their forecasting methods can be found, for example, in papers [2, 4-6, 14]. Despite the availability of a diverse number of forecasting methods, there is no single one that would show a high-quality result on a series of dynamics of different nature and complexity. Especially for such a financial indicator as salary, which is often characterized by non-stationarity, non-linearity, seasonality and dynamics of changes in the levels of the time series. Consequently, the issue of finding the optimal forecasting model for the researched process becomes necessary. For this, it is important to conduct a full-fledged analysis of the effectiveness of forecasting models and their suitability for describing a certain dynamic process. This task is complex and requires significant mathematical calculations. Therefore, research accuracy can be improved by using data science tools.

The purpose of this work is to analyze and develop a forecast based on the established trends of relevant forecasting models, which will make it possible to obtain estimated values of the level of average salary for future time periods in Ukraine.

Research methods

Data preparation. This study uses data obtained from the official statistics of Ukraine website [12]. The data is a monthly data of average salary in Ukraine. The data set consisted of 204 observations from January 2005 to December 2021 used for the prediction process.

Data analysis was done with R software [10]. At the beginning, the collected data set was divided into two samplings: training and test. We adopted a common practice where 70% of the dataset was used for training and the remaining 30% was used for testing. In this way, we can evaluate the performance of our model. Therefore, we train the model using the training set and then apply the model to the test set.

Exponential smoothing model. In this study, exponential smoothing methods were used to forecast the level of the level of average salary in Ukraine. The idea was to give more importance to the last values in the series.

Exponential smoothing is one of the most successful classical time series forecasting method. The idea behind the exponential smoothing method is to smooth the time series with a moving average with exponential weights. This helps to take into account all the previous values of the series, but the degree of consideration decreases exponentially, that is, the final values of the process will have a greater effect on the predicted results than the initial ones.

The method of calculation using the exponential smoothing method, the deviation of the previous forecast from the real indicator, is carried out according to the following formula [2]:

$$S_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) S_{t-1} \quad (1)$$

where,

S_t – the value of the exponential average at time t ;

y_t – is the current value of the time series;

S_{t-1} – the value of the exponential mean at the moment $(t - 1)$;

α – is the smoothing constant $0 < \alpha < 1$

The value of the constant α is always in the range from 0 to 1, and in each case, it is necessary to choose the most acceptable value.

There are several approaches by which it is possible to choose the most accepted value of α :

1) to choose a priori method from the interval (0;1). In this case, if a value close to 1 is chosen, the latest data of the time series will be more important in forecasting, if α is chosen close to 0, past values will be more influential;

2) to put $\alpha = \frac{2}{T+1}$;

3) to choose of such a value α , which minimizes one of the criteria for the accuracy of forecasts.

The equation 1 is called simple exponential smoothing model and used when the time series data has no trend or seasonal variation.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

There are many other famous types of exponential smoothing technique based on the trends and seasonality, namely:

- Holt's method;
- Holt-Winter's Seasonal method;
- Damped Trend method;

Exponential smoothing models are a family of time series models with an underlying state space model consisting of a level component, a trend component (T), a seasonal component (S), and an error term (E). That is why they are often called ETS. To take into account trend or seasonality, a combination of components is proposed: error, trend and seasonality. Each component can be combined in different ways, which are calculated by smoothing. These three terms (Error, Trend and Season) are created ETS model. In particular, errors can be combined additively or multiplicatively: *Error* = $\{\{A, M\}\}$; trend – additively, additive damped (A_d), or excluded from the model (N (None)): *Trend* = $\{\{A, A_d, N\}\}$; seasonality – additively, or multiplicatively, or excluded from the model (N (None)): *Seasonal* = $\{\{A, M, N\}\}$. By considering variations in the combination of error, trend, and seasonal components, eighteen exponential smoothing models can be constructed, as shown in Table 1.

Table 1

Different combination of *ETS* model

<i>Trend</i>	<i>Model with additive error</i>			<i>Model with multiplicative error</i>		
	<i>Seasonality</i>					
	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>A</i>	<i>M</i>
Additive $\{A\}$	<i>ETS</i> (A, A, N)	<i>ETS</i> (A, A, A)	<i>ETS</i> (A, A, M)	<i>ETS</i> (M, A, N)	<i>ETS</i> (M, A, A)	<i>ETS</i> (M, A, M)
Additive damped $\{A_d\}$	<i>ETS</i> (A, A_d, N)	<i>ETS</i> (A, A_d, A)	<i>ETS</i> (A, A_d, M)	<i>ETS</i> (M, A_d, N)	<i>ETS</i> (M, A_d, A)	<i>ETS</i> (M, A_d, M)
None $\{N\}$	<i>ETS</i> (A, N, N)	<i>ETS</i> (A, N, A)	<i>ETS</i> (A, N, M)	<i>ETS</i> (M, N, N)	<i>ETS</i> (M, N, A)	<i>ETS</i> (M, N, M)

Source: own compilation based on [5, 6]

Among the existing forecasting methods that use exponential smoothing, the most well-known are Holt's linear method with additive errors *ETS* (A, A, N)

[3], Multiplicative Holt-Winters' method with multiplicative errors *ETS (M, A, M)* [15], and Brown's model [1].

Exponential smoothing models, according to the combination of components, can be divided into the following types:

- linear models with additive error,
- linear models with multiplicative error,
- models with a linear trend, but a multiplicative error and a seasonal component,
- models with multiplicative error and trend component or without seasonality, or with multiplicative seasonality,
- models that are difficult to evaluate, with a combination of additive and multiplicative elements.

Choosing the right model is based on recognizing the key components of the time series (trend and seasonality) and the way they are included in the smoothing method (for example, additive, damping or multiplicative method).

To determine the best model of different combination of ETS model can be used several criteria such as Akaike's Information Criterion (AIC), Akaike's Information Criterion correction (AICc) and Bayesian Information Criterion (BIC) [9].

The advantages of this class of models are simplicity and efficiency. The advantages include the ability to account for the weights of the source information, the simplicity of computational operations, and the flexibility of describing the various dynamics of processes. The method of exponential smoothing makes it possible to obtain an estimate of the trend parameters that characterize not the average level of the process, but the trend that has developed at the time of the last observation.

The accuracy of the model. It is important to analyze the quality, accuracy and reliability of the predicted values after building mathematical models. Statistical criteria are used for this. The most common measures are the following: mean absolute error (MAE), medium squared error (MSE), root mean squared error (RMSE), mean absolute percentage error (MAPE) and other. The detailed

characteristics of them and methods of calculating are given in [7, 13]. The criterion of suitability of building mathematical model for forecasting is to minimize the above forecasting characteristics.

Result and Discussion

Figure 1 describes the dynamics of the average monthly salary in Ukraine during 2005-2021.

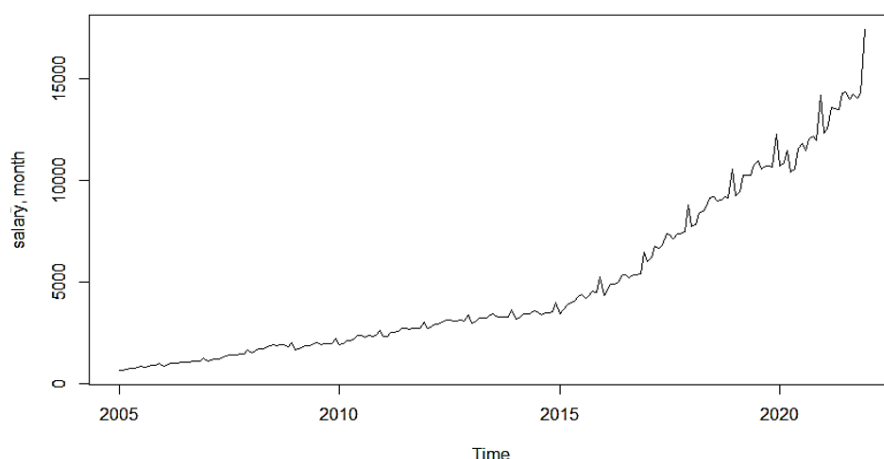


Figure 1. Time series of the average monthly salary in Ukraine from Jan. 2005 to Dec. 2021

Source: own elaboration

The graph above shows a positive trend, which demonstrates the increase in average salary every month over the years.

Since only trend was selected in the time series as the main component that is constantly increasing, the trend analysis was carried out using smoothing based on *ETS* models but without seasonality. That is, models were built with different combinations of trend and only error, the results are presented in Table 2.

The main point of exponential smoothing is the correct choice of the smoothing parameter (smoothing constants) and the initial conditions, the wrong choice of which can lead to negative consequences. That is why, it is necessary to use modern software that help to do it. All *ETS* models were created in *R* software using different functions in the "*forecast*" package, like as, *holt()*, *hw()* and *ets()*.

Table 2

ETS models without seasonality

<i>Model</i>	<i>AIC</i>	<i>AICc</i>	<i>BIC</i>
<i>ETS (A, N, N)</i>	2476.107	2476.265	2485.256
<i>ETS (A, A, N)</i>	2428.714	2429.114	2443.963
<i>ETS (A, A_d, N)</i>	2434.412	2434.976	2452.711
<i>ETS (M, N, N)</i>	2352.449	2352.607	2361.598
<i>ETS (M, A, N)</i>	2310.598	2310.998	2325.847
<i>ETS (M, A_d, N)</i>	2314.482	2315.046	2332.781

Source: own calculation

The general R code of *ets* is follow and it detail description is [14]:

```
ets (y, model = "ZZZ", damped = TRUE/FALSE, alpha = NULL, beta =
NULL, gamma = NULL, phi = NULL, lambda = NULL, biasadj =
FALSE, additive.only = FALSE, restrict = TRUE, allow.multiplicative.trend =
FALSE)
```

Accordingly, each specific *ETS* model was configured using above R code with its own arguments. Related to table 2, criteria such as Akaike's Information Criterion (AIC), Akaike's Information Criterion correction (AICc) and Bayesian Information Criterion (BIC) were used to determine the best *ETS* model. As the result, the best model as *ETS (M, A, N)* was obtained to predict the average salary based on minimum values of criteria.

Nevertheless, it is necessary to take into account the fact that in the given time series, in addition to the upward trend, there may be hidden components such as seasonality or cyclically [11]. (see Fig. 2)

Figure 2 shows the main components of the time series of the average salary in Ukraine from Jan. 2005 to Dec. 2021. The top graph shows the initial data – the data considered for analysis. Next is the trend graph, which shows the growth of average salary over the years. After the trend, seasonality is demonstrated, from which it can be concluded that the growth and decline of the average salary.

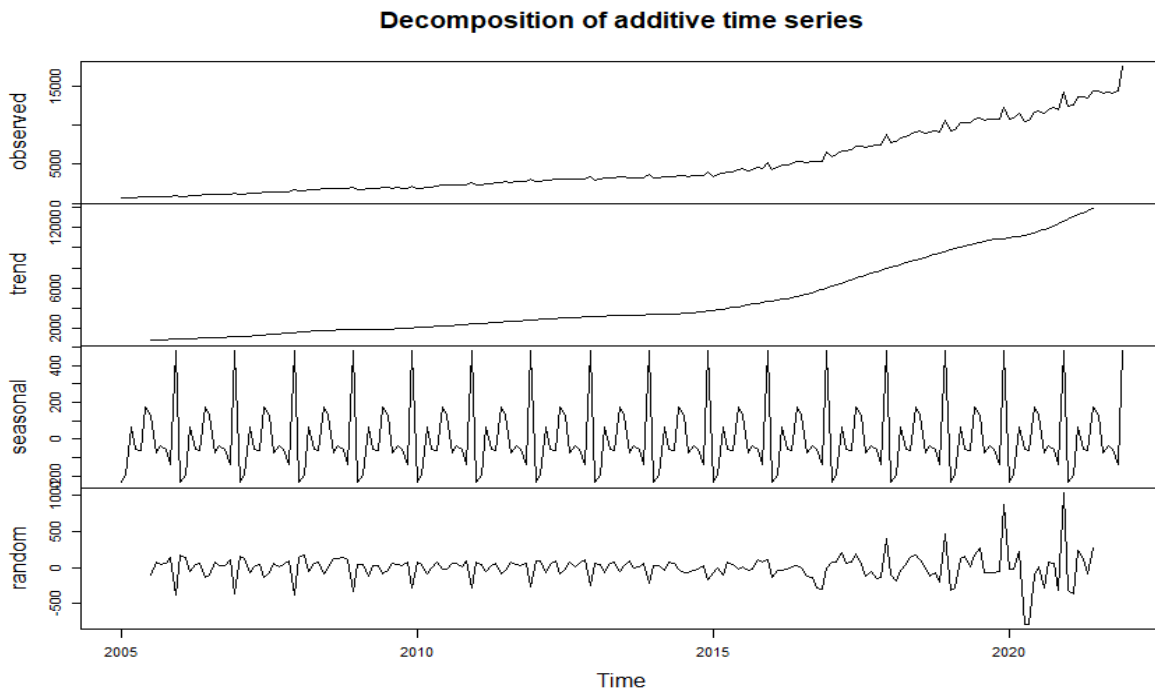


Figure 2. Decomposition of time series data

Source: own elaboration.

We can a general conclude that the data has a trend and has seasonality. That is, we need to build a model that takes into account both the trend and seasonality. For this, it is necessary to build all other ETS models from Table 1, and select the best.

A similar `ets` function helped to do this, but this time without any additional features. This function determines the best ETS model automatically when only the time series is specified, and all other arguments are left at their default values, and defines hidden characteristics of the model like as seasonality [4]. It should be noted, this function determined the best ETS model based on AIC measure (minimum value) using the exponential moving average filter.

Using R code of `ets` like as: "`model <- ets(traindata, model = 'ZZZ')`", we obtained the best exponential smoothing model for our data as $ETS(M, A_d, M)$ that described by the following components:

- Multiplicative Error
- Additive damped Trend

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

- Multiplicative Seasonality.

Table 3 shows the full information about coefficients and criteria of the *ETS* model.

Table 3

Results of the *ets* function.

ETS (M, A _d , M)					
Smoothing parameters:					
α	β	γ	φ		
0.7073	0.1116	3e-04	0.9789		
Initial states:					
l			b		
669.0817			30.606		
s_0	s_{-1}	s_{-2}	s_{-3}	s_{-4}	s_{-5}
1.0844	0.9767	0.9891	0.9961	0.9935	1.0414
s_{-6}	s_{-7}	s_{-8}	s_{-9}	s_{-10}	s_{-11}
1.0472	1.0019	0.9917	0.9988	0.9469	0.9323
sigma 0.0194					
AIC		$AICc$		BIC	
2010.804		2015.797		2065.702	

Source: own study

The results of exponential smoothing in the Table 3 show the smoothing parameters $(\alpha, \beta, \gamma, \varphi)$ and initial states $x_0 = (l_0, b_0, s_0, s_{t-1}, \dots, s_{t-11})$. The results of exponential smoothing show the smoothing parameters $(\alpha, \beta, \gamma, \varphi)$ and initial states $x_0 = (l_0, b_0, s_0, s_{-1}, \dots, s_{-11})$. Note the presence of the boundary zero values β for and γ , which indicate that the seasonal and trend components do not change from their initial values. We can see that *ETS* (M, A_d, M) model has relatively the lowest values of several criteria such as *AIC*, *AICc* and *BIC*. All these criteria indicate that we fitted the better and the simpler model.

To verify the accuracy of the constructed models, we analyzed the effectiveness of such criteria, known as RMSE, MAE, MPE, MAPE, MASE. The results are obtained using the software environment R. Table 4 shows estimation results for training and test sampling sets of the constructed models.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Table 4.

Accuracy measures for the training and test sets of average salary
of time series on fitted models

<i>Model</i>	<i>Data set</i>	<i>ME</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>MPE</i>	<i>MAPE</i>	<i>MASE</i>	<i>ACFI</i>
ETS (M, A, N)	Training set	22.57	187.43	114.87	0.218	3.811	0.86	-0.036
	Test set	-1274.38	1537.47	1315.73	-11.106	11.39	9.85	NA
ETS (M, A _d , M)	Training set	14.75	74.59	41.19	0.33	1.307	0.308	0.284
	Test set	340.24	861.82	540.93	2.18	4.15	4.053	NA

Source: own study

Based on the results of the table obtained by these two methods, it can be argued that *ETS (M, A_d, M)* model is more effective and be used it as a predictive model to predict future values of a time series.

The forecast for the following time values was made using the “forecast” function in the R package “forecast”. Forecasting data of *ETS (M, A_d, M)* model is presented in the table 5 and on the figure 3.

Table 5

Forecasting results *ETS (M, A_d, M)*

<i>Month</i>	<i>Point</i>	<i>Forecast</i>	<i>80 Hi</i>	<i>80 Lo</i>	<i>95 Hi</i>	<i>95</i>
Jan	2022	14887.74	14491.07	15284.40	14281.09	15494.38
Feb	2022	15303.75	14778.96	15828.53	14501.15	16106.34
Mar	2022	16366.59	15692.33	17040.84	15335.40	17397.78
Apr	2022	16339.64	15560.33	17118.95	15147.79	17531.49
May	2022	16560.25	15667.02	17453.48	15194.17	17926.33
Jun	2022	17440.93	16394.24	18487.61	15840.16	19041.69
Jul	2022	17613.20	16451.26	18775.14	15836.17	19390.24
Aug	2022	16999.62	15778.35	18220.88	15131.85	18867.38
Sep	2022	17229.48	15891.65	18567.31	15183.45	19275.52
Oct	2022	17308.13	15864.54	18751.73	15100.35	19515.92
Nov	2022	17145.33	15617.25	18673.41	14808.33	19482.32
Dec	2022	19526.00	17674.66	21377.34	16694.62	22357.39

Source: own study

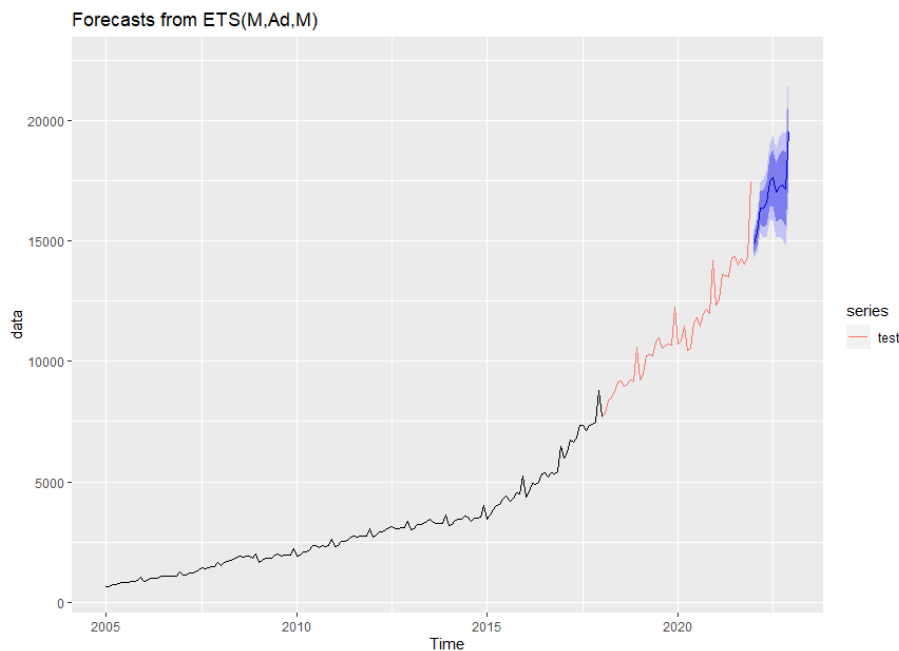


Figure 3. Forecasting the average salary in Ukraine
by the $ETS (M, A_d, M)$ model

Notes: The black curve represents known training data. The red curve shows exponentially smoothed series on test data. The blue curve shows predictive value via the $ETS (M, A_d, M)$ model

Source: own elaboration

Conclusion and Suggestion

The conducted research has made it possible to obtain forecast values of the average monthly salary in Ukraine for the future on the basis of economic and mathematical modelling, in particular time analysis. This study had focused on the exponential smoothing methods that helped to identify trends and the presence of a seasonal factor. In the process of conducting the research, various approaches to the construction of ETS models were used, including an automatic one using the R environment. The proposed procedure was able to assess the accuracy and adequacy of the model, as well as perform complex mathematical calculations. As a result, the best $ETS (M, A_d, M)$ model was used to predict average salary. This model was received using data science tools and based on the smallest values of AIC, AICc and BIC.

The obtained forecast results can be used by state administration bodies to improve the country's socio-economic policy and will enable prompt response to socio-economic risks that may arise.

Further, it would be interesting to study such process with the usage of other methods of time series analysis such as ARIMA/SARIMA, neural network theory and machine (deep) learning regression analysis.

REFERENCES

1. Andriyovich, D. O., Valeriivna, O. V. and Victorovich, G. V. (2018). Forecasting based on the trend model and adaptive Brown's model. In Proceedings of 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 944-947. <http://doi.org/10.1109/TCSET.2018.8336349>.
2. Brockwell, P., Davis, R. (1991). Time Series: Theory and Methods. (2nd ed.). Springer.
3. Gardner, E. S. (2006). Exponential smoothing: The state of the art—Part II. International Journal of Forecasting, Vol. 22, 637-666. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.03.005>
4. Hyndman, R., Koehler, A. B., Ord, J. K., and Snyder, R. D. (2008). Forecasting with Exponential Smoothing the State Space Approach. Springer
5. Hyndman, R. J., & Khandakar, Y. (2008). Automatic Time Series Forecasting: The forecast Package for R. Journal of Statistical Software, Vol.-27(3), 1–22. <https://doi.org/10.18637/jss.v027.i03>
6. Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2018). Forecasting: principles and practice (2nd ed.). OTexts: Melbourne.
7. Kmytiuk, T., & Majore, G. (2021). Time series forecasting of agricultural product prices using Elman and Jordan recurrent neural networks. Neuro-Fuzzy Modeling Techniques in Economics, 10, 67-85. <http://doi.org/10.33111/nfnte.2021.067>
8. Kompa, K. & Witkowska, D. (2018). Factors affecting men's and women's earnings in Poland, Economic Research, 31:1, 252-269, <http://doi.org/10.1080/1331677X.2018.1426480>
9. Konishi, S., Kitagawa, G. (2008). Information Criteria and Statistical Modeling, Springer.
10. Long J. D., Teator, P (2019). R Cookbook: Proven Recipes for Data Analysis, Statistics, and Graphics (2nd ed.). O'Reilly Media, Inc
11. Mbuli N, Mathonsi M, Seitshiro M, Pretorius JHC (2020). Decomposition forecasting methods: A review of applications in power systems, Energy Reports, Vol. 6, pp. 298-306. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.11.238>
12. Official statistics portal (Official statistics of Ukraine) (2005-2021). The level of average salary [Data set]. Retrieved February 14, 2023, available online at: <https://www.ukrstat.gov.ua>
13. Shcherbakov M.V., Brebels A., Shcherbakova N.L., Tyukov A.P., Janosky T.A., Kamaev V.A. (2013). Survey of Forecast Error Measures, World Applied Sciences Journal, Vol. 24, 171-176. <http://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.24.itmies.80032>
14. Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2010). Time series analysis and its applications: With R examples. New York: Springer.
15. Vandeput, N. (2021). Data Science for Supply Chain Forecasting, Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110671124>

2.6. Як змінюється зайнятість?: моделі та експерименти

Робота є значною частиною нашого життя. Численні дослідження показують, що щастя людини залежить від рівня матеріального добробуту та роботи, соціальної захищеності, свободи вибору. В умовах цифрової, інноваційної економіки робота та зайнятість населення зазнають суттєвих змін. З одного боку, завдяки цифровим технологіям з'являються нові форми зайнятості, такі як фріланс, аутсорсинг, аустафінг та ін. А, з іншого, зростання рівня цифровізації та інноваційності економіки призводить до суттєвого скорочення робочих місць у традиційних галузях, яке не завжди заповнюється зростанням вакансій у цифрових секторах економіки. Не всі сектори цифрової економіки позитивно впливають на зайнятість, цей вплив є асиметричним. Так, найвищий приріст рівня зайнятості висококваліфікованої робочої сили забезпечують такі цифрові технології, як інтернет речей, робототехніка, 3D друк тощо. Однак такий ефект є менш вираженим для секторів електронної комерції, цифрового маркетингу і т. ін. [1].

Слід зазначити, що аналізу зміни зайнятості внаслідок цифровізації присвячені дослідження багатьох міжнародних організацій, науковців [1-3, 5-6, 8, 13-14]. Однак питання впливу стадії цифрового розвитку на рівень зайнятості, аналізу впливу інноваційності української економіки на рівень зайнятості розглянуті недостатньо повно. Саме тому актуальною є розробка комплексу моделей Data Science, що дозволяють проаналізувати, як змінюється зайнятість під впливом факторів цифровізації та інновацій в економіці, для визначення таких категорій професій, попит на які знижуватиметься, що має бути враховано у програмах перекваліфікації, та виявлення тих областей, у яких мають нарощуватись пропозиції освітніх програм.

Запропонована концептуальна схема моделювання впливу процесів цифровізації на структуру зайнятості населення у розрізі видів економічної діяльності наведена на рис. 1 та включає три етапи дослідження: 1) комплексна оцінка зайнятості та продуктивності за стадіями цифрового розвитку; 2) оцінка впливу інвестицій в інноваційну діяльність на зайнятість

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

населення України; 3) моделювання та прогнозування структури зайнятості за видами економічної діяльності.

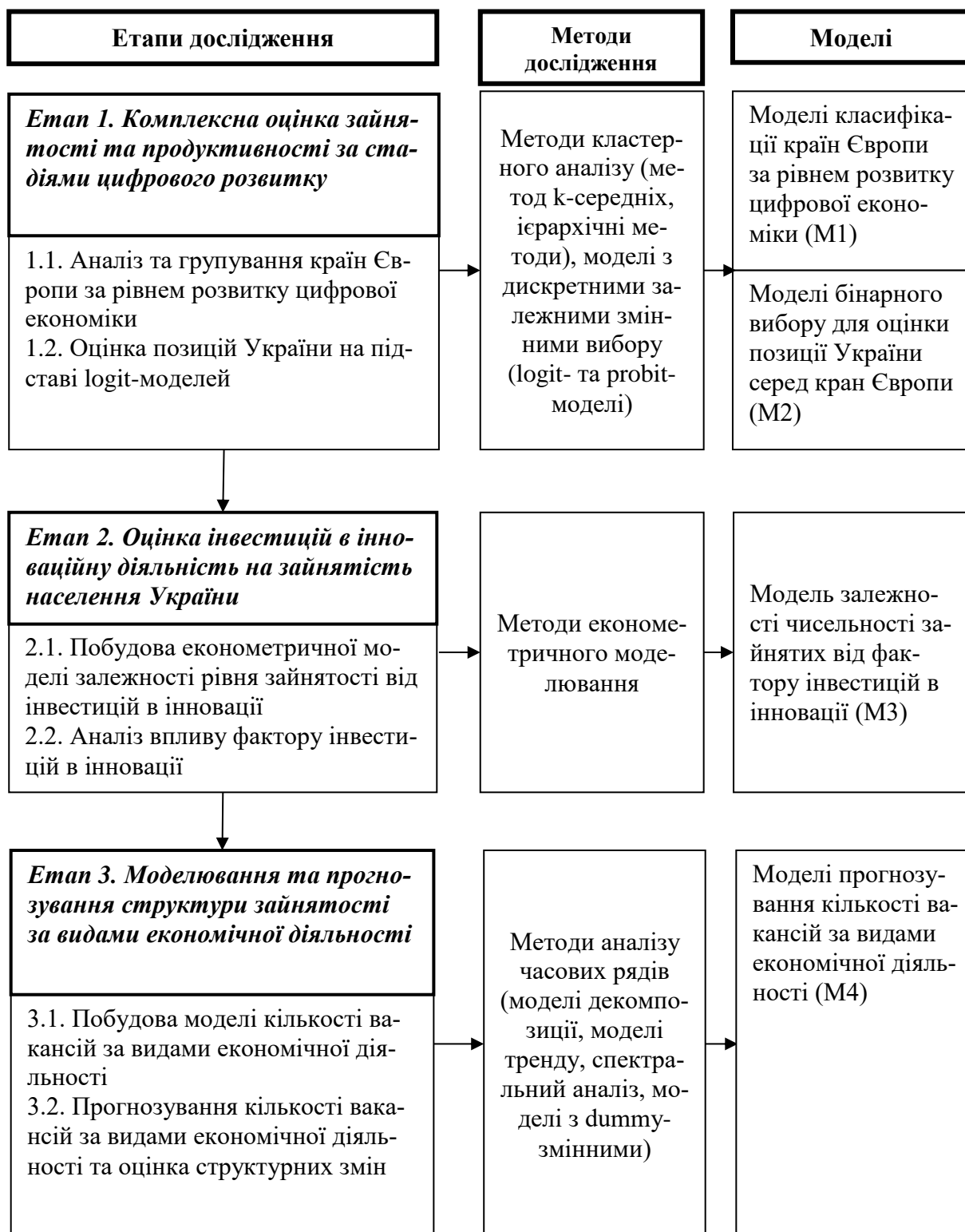


Рис. 1. Концептуальна схема дослідження

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Результатом реалізації цієї схеми є комплекс моделей, який включає: моделі класифікації країн Європи за рівнем розвитку цифрової економіки (M1);

моделі бінарного вибору для оцінки позиції України серед країн Європи (M2); економетричну модель залежності чисельності зайнятих від фактору інвестицій в інновації (M3); моделі динаміки вакансій в сферах економічної діяльності (M4). Нижче наводиться стислий опис методів побудови запропонованого комплексу моделей.

Цільовою спрямованістю розробки першого комплексу моделей (M1) є оцінка впливу цифровізації та інноваційності економіки на рівень зайнятості та продуктивність, виявлення стадій інформаційного розвитку. Для розробки моделі M1 використовувались такі методи кластерного аналізу, як ієрархічні методи та метод «к-середніх». Ієрархічні методи кластерного аналізу є зручним інструментом візуалізації даних. Вони дозволяють визначити кількість кластерів, на яку необхідно розбити вихідну сукупність. Під час кластеризації застосовувався метод Уорда, що дає можливість отримати розбиття з мінімальним значенням такого функціоналу якості класифікації, як сумарна внутрішньокласова дисперсія. В якості метрики використовувалась Евклидова відстань. Метод “к-середніх” дозволяє отримати кластери, що не перетинаються, є зручним для обробки великих статистичних сукупностей. Вибір методів обумовлений наступними їх перевагами: простотою, гнучкістю, швидкою збіжністю [11].

Призначенням моделі M2 є ідентифікація стадії розвитку цифрової економіки України, визначення характерних рис зайнятості та продуктивності. Побудова моделі M2 здійснювалась за допомогою методів probit-, logit-аналізу. Слід зазначити, що для розв'язання задачі розпізнавання може бути використане широке коло методів, таких як дискримінантний аналіз, неймережеве моделювання, дерева класифікацій, SVM та ін. Вибір моделей бінарного вибору як інструменту дослідження обумовлений тим, що вони забезпечують хорошу якість розпізнавання за умов малих вибірок [9, 11].

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Цільова спрямованість моделі М3 полягає у оцінці впливу інноваційного сектора економіки України на рівень зайнятості. Для розробки моделі М3 використовувались методи економетричного моделювання [9]. Побудова економетричної моделі передбачає обґрунтування змінних для економетричного аналізу, обґрунтування виду залежності, побудову моделі (оцінювання параметрів моделі), оцінювання адекватності моделі.

Змістом моделей блоку М4 є прогнозування та аналіз структури вакансій за видами економічної діяльності. Для розробки моделей М4 використовуються моделі декомпозиції часових рядів, аналітичного вирівнювання тренду, спектральний аналіз, моделі з *dummys*-змінними [12]. Вибір методів зумовлений результатами попереднього аналізу вихідних рядів, а також найкращими значеннями критеріїв якості прогнозів, які отримані на підставі альтернативних варіантів моделі. Більш детально кількісні метрики якості прогнозів наведені в [12].

Таким чином, реалізація запропонованої вище концептуальної схеми дозволить визначити вплив поточної стадії розвитку цифрової економіки України на зайнятість й продуктивність, визначити вплив інвестицій в інновації на рівень зайнятості, виявити динаміку попиту на робочу силу у тих чи інших галузях. Запропоновані моделі можуть бути використані як інструмент підтримки прийняття рішень для адаптації політики у сфері зайнятості та превентивного оновлення освітніх програм для підготовки кваліфікованих працівників.

Відповідно до запропонованої на рис. 1 концептуальної схеми на першому етапі дослідження здійснювалась оцінка впливу рівня цифровізації та інноваційності економіки на зайнятість та продуктивність.

Для комплексної оцінки зайнятості та продуктивності за стадіями цифрового розвитку використано такі показники, як ВВП на душу населення (GDP per capita), рівень зайнятості населення (Employment to population ratio (%)), індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (ICT Development Index), глобальний інноваційний індекс (Global

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Innovation Index) та індекс глобальної конкурентоспроможності (Global Competitiveness Index) [4, 7].

Здійснимо кластеризацію країн за основними показниками рівня розвитку цифрової економіки на підставі методу k-середніх. Необхідно скористатися візуалізацією відстаней між об'єктами у вигляді графіка «кам'янистого осипу» для визначення кількості кластерів даних (рис. 2).

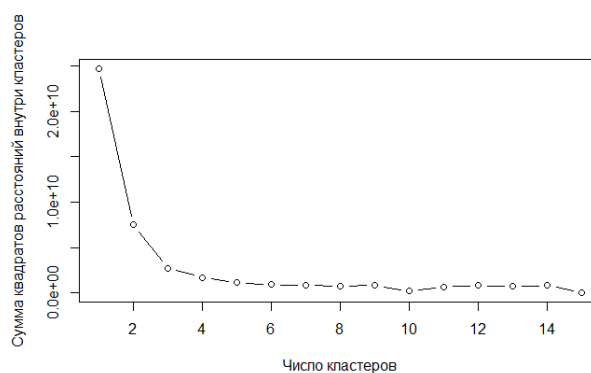


Рис. 2. Графік кам'янистого осипу

Оптимальна кількість кластерів відповідає точці перегину графіка. Слід розбити вхідну сукупність на два або три кластери. Порівняння двох побудованих моделей класифікації показало, що розподіл даних на три кластера є більш ефективним.

Здійснимо кластерний аналіз методом k-середніх для 3-х кластерів за допомогою функції `kmeans` та визначимо середні значення всіх аналізованих показників у кожному з кластерів (рис. 3).

З отриманої таблиці різницю між записами у різних кластерах очевидно. Третій кластер характеризується низьким рівнем розвитку цифрової економіки, низьким рівнем результативності інноваційної діяльності, конкурентоспроможності, низьким рівнем продуктивності та зайнятості населення, тобто це кластер країн, які знаходяться на першій стадії цифрового розвитку. Друга стадія цифрового розвитку (кластер 2) призводить до значного зростання зайнятості населення, однак рівень продуктивності є се-

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

реднім. Третя стадія цифрового розвитку (кластер 1) проявляється в основному у збільшенні продуктивності, до суттєвого зростання зайнятості вона не призводить.

Group	1	GDP_per_cap	ICT	GII	GCI	Emp_ratio
1	1	96126.47	8.410000	55.06667	78.13333	59.33333
2	2	51025.24	8.368182	55.61818	79.32727	57.81818
3	3	16063.23	6.945500	39.63000	65.03000	51.35000

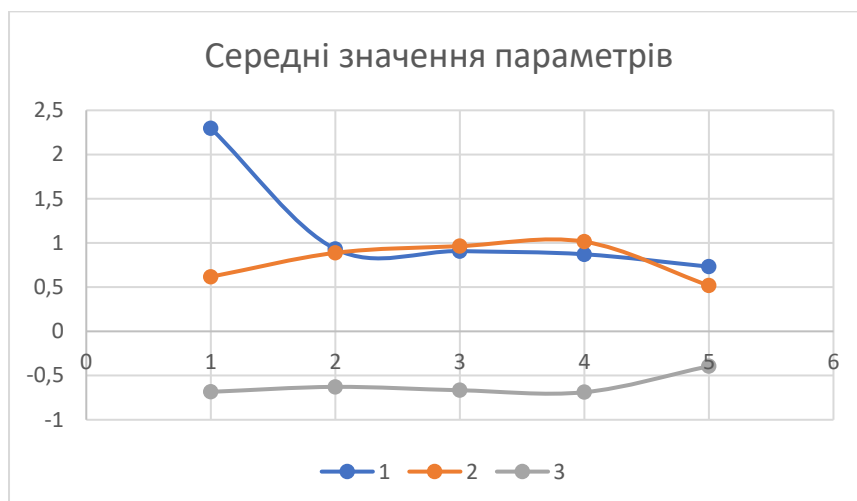


Рис. 3. Середні значення параметрів за кластерами

Зробити очевидним результати кластерного аналізу допоможе графік областей кластерів (рис. 4).

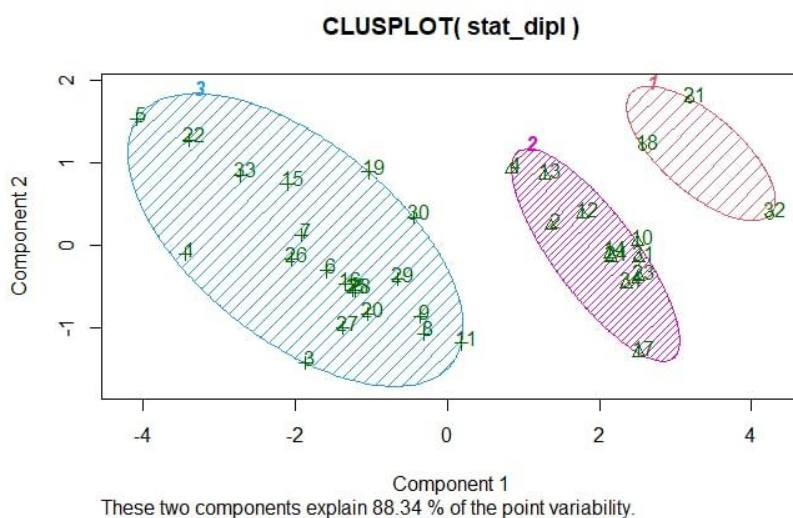


Рис. 4. Графік областей кластерів

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Отримані результати свідчать про нерівномірність цифрового розвитку країн Європи, зокрема, країн ЄС. Найчисленнішим є кластер з низьким рівнем розвитку цифрової економіки, у той час як у перший кластер потрапили Ірландія, Люксембург та Швейцарія - країни з найвищим показником ВВП на душу населення. До кластеру з достатньо високим рівнем розвитку цифрової економіки, але середньою продуктивністю відносяться: Австрія, Франція, Німеччина, Фінляндія, Швеція, Норвегія, Нідерланди, Бельгія, Данія. Також слід зазначити значний розрив між країнами другого та третього кластерів.

Наступним кроком дослідження (рис. 1) є оцінка рівня цифрового розвитку України та визначення кластеру на підставі моделей бінарного вибору. Оцінку положення України методами logit- та probit- моделювання необхідно проводити у два етапи. Спочатку розподілимо країни на групи: група с кодом "0" - перший кластер, група с кодом "1" - другий та третій кластери.

Результати побудови logit-моделі наведені на рис. 5.

```
> summary(model_logit1)

call:
glm(formula = y ~ GDP_per_cap + ICT + GII + GCI + Emp_ratio,
     family = binomial(link = "logit"), data = stat_dipl_logit1)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.129e-05  2.110e-08  2.110e-08  2.110e-08  1.238e-05

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -1.976e+02  6.859e+05  0.000    1
GDP_per_cap -1.469e-03  2.622e+00 -0.001    1
ICT          2.134e+01  2.430e+05  0.000    1
GII          -2.652e+00  1.208e+04  0.000    1
GCI          3.930e+00  2.518e+04  0.000    1
Emp_ratio   -5.600e-01  2.090e+04  0.000    1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 2.0294e+01  on 33  degrees of freedom
Residual deviance: 5.4626e-10  on 28  degrees of freedom
AIC: 12

Number of Fisher scoring iterations: 25
```

Рис. 5. Результати оцінювання logit-моделі
для першої та другої стадії цифрового розвитку

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

За допомогою logit-моделі оцінимо ймовірність відношення України до групи 1. Значення індикаторів наведені на рис. 6.

	GDP_per_cap	ICT	GII	GCI	Emp_ratio
1	3726.9	5.62	35.6	57	48

Рис. 6. Показники цифрового розвитку України

Результати ідентифікації кластеру України наведені на рис. 7.

```
> augment(model_logit1, newdata = ukraine, type.predict = "response")
# A tibble: 1 x 6
  GDP_per_cap  ICT  GII  GCI Emp_ratio .fitted
  <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1 3727. 5.62 35.6 57 48 1.00
```

Рис. 7. Результати ідентифікації кластеру для України

Таким чином, можемо зробити висновок, що ймовірність віднесення України до групи с кодом «1», а саме до кластера 2 або 3, є близькою до 100%.

Оскільки, за результатами першого кроку моделювання, Україна відноситься до одного з двох кластерів, то здійснимо розподіл між другим і третім кластером. Результати побудови Logit-моделі наведені на рис. 8.

```
> summary(model_logit2)

Call:
glm(formula = y ~ GDP_per_cap + ICT + GII + GCI + Emp_ratio,
     family = binomial(link = "logit"), data = stat_dipl_logit2)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.509e-05 -2.110e-08  2.110e-08  2.110e-08  1.535e-05

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  2.145e+02  2.895e+06     0       1
GDP_per_cap -2.473e-03  1.408e+01     0       1
ICT          -2.336e+01  6.751e+05     0       1
GII          -1.134e+00  1.731e+04     0       1
GCI           9.694e-01  7.471e+04     0       1
Emp_ratio     7.676e-01  4.997e+04     0       1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 4.0324e+01  on 30  degrees of freedom
Residual deviance: 9.6604e-10  on 25  degrees of freedom
AIC: 12

Number of Fisher scoring iterations: 25
```

Рис. 8. Результати оцінювання logit-моделі
для першої стадії цифрового розвитку

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Результати розпізнавання наведені на рис. 9.

```
> augment(model_logit2, newdata = Ukraine, type.predict = "response")
# A tibble: 1 x 6
  GDP_per_cap ICT    GII    GCI Emp_ratio .fitted
  <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1    3727.  5.62  35.6   57    48     1
```

Рис. 9. Результати ідентифікації кластеру для України

За результатами прогнозування Україна з імовірністю, близькою до 100% відноситься до третього кластеру, тобто до країн з низьким рівнем розвитку цифрової економіки (перша стадія розвитку). Побудова probit-моделі була здійснена аналогічно.

Результати logit- та probit- моделей показали однаковий результат. Тож, можна зробити висновок про віднесення України до третього кластеру, що свідчить про значний потенціал зростання рівня зайнятості та продуктивності внаслідок розвитку machine-based цифрових технологій, таких як робототехніка, інтернет речей, 3D друк і т.д.

На другому етапі дослідження (рис. 1) здійснювалась оцінка впливу інвестицій в інноваційний розвиток на зайнятість в Україні.

Побудуємо регресійну модель для визначення наявності та ступеня впливу інноваційної діяльності на зайнятість населення. Як базу даних для побудови моделі було обрано період з 2000 по 2021 роки [10].

Побудуємо модель залежності зайнятості населення від загального обсягу витрат на інноваційну діяльність. Параметри регресійної моделі наведені на рис. 10.

model1	list [12] (S3: lm)	List of length 12
coefficients	double [2]	21058.594 -0.183
(Intercept)	double [1]	21058.59
`innovation cost`	double [1]	-0.1831991

Рис. 10. Результати побудови регресійної моделі

Критерії якості моделі наведені на рис. 11. Як бачимо за коефіцієнтом детермінації, фактор інновацій не є достатнім для пояснення варіації рівня

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

зайнятості, хоча зв'язок між фактором інновацій і рівнем зайнятості є суттєвим. Так, $R^2=0,52$, тобто 52% варіації зайнятості пояснюється зміною фактору інновацій. Однак, на фактори, що не були включені у модель, приходить відповідно 48%. За критерієм Стюдента можемо зробити висновок про те, що фактор витрат на інноваційну діяльність має значний вплив на результуючий показник. Додаткові критерії якості моделі наведені в табл. 1.

```
> summary(model1)

Call:
lm(formula = employed ~ `innovation cost`)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3111.38  -444.59   -81.68    679.77   2111.03

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.106e+04  5.104e+02  41.263 < 2e-16 ***
`innovation cost` -1.832e-01  3.929e-02  -4.662  0.00015 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1312 on 20 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5208,    Adjusted R-squared:  0.4968
F-statistic: 21.74 on 1 and 20 DF,  p-value: 0.00015
```

Рис. 11. Критерії якості регресійної моделі

Таблиця 1

Критерії якості моделі

<i>Критерії якості прогнозу / Модель</i>	<i>Значення</i>
Середня абсолютна похибка	913,08
Середньоквадратична похибка	1250,56
Середньовідсоткова похибка	-0,46
Середня абсолютна процентна похибка	4,89

Отже, на основі оцінювання та аналізу економетричної моделі можна зробити висновок, що фактор інновацій, на жаль, на даний час, не формує позитивного тренду в динаміці зайнятості, тобто швидкість розвитку інноваційних секторів в економіці є повільною і зростання вакансій в інноваційних секторах не перебиває спад попиту на робочу силу в традиційних галузях.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

На третьому етапі дослідження (рис. 1) здійснювалося моделювання кількості вакансій за сферами економічної діяльності. Для дослідження були обрані наступні сфери: сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство; промисловість; транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність; тимчасове розміщування й організація харчування; інформація та телекомунікації; фінансова та страхова діяльність; освіта [10]. Дані представлені у поквартальному розрізі та містять періодичну складову, тому для аналізу використані методи моделювання з урахуванням періодичної складової часового ряду за допомогою *dummy*-змінних та спектрального аналізу. Обробка даних здійснювалась в Statistica.

Дані кількості вакансій у сфері сільського господарства мають наступний графічний вид (рис. 12):

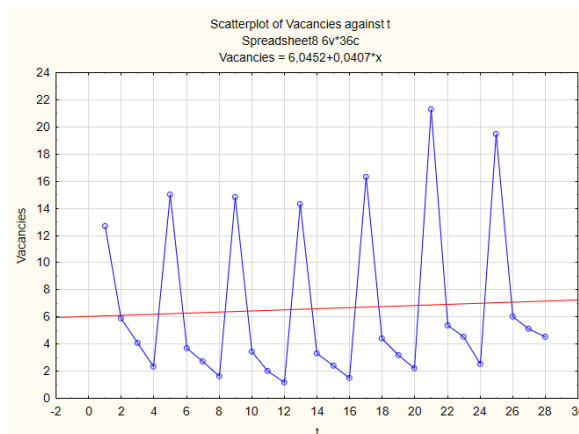


Рис. 12. Динаміка вакансій у сфері сільського господарства

За наведеним графіком часовий ряд має слабо висхідний тренд. Оскільки побудована комбінована модель з урахуванням трендової та періодичної складової виявилася досить низької якості, то було проведено моделювання періодичної складової часового ряду за допомогою *dummy*-змінних (рис. 13-14).

Результати порівняльного аналізу фактичних та розрахункових значень, які наведені на рис. 15, дозволяють зробити висновок про високу точність апроксимації та можливість застосування моделі для прогнозування.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Regression Summary for Dependent Variable: Vacancies (Spreadsheet11)						
R= ,97306743 R?= ,94686023 Adjusted R?= ,93761853						
F(4,23)=102,46 p<,00000 Std.Error of estimate: 1,4934						
N=28	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(23)	p-value
Intercept			0,24286	0,798235	0,30424	0,763679
t	0,173202	0,048534	0,12589	0,035277	3,56866	0,001630
d1	1,061405	0,059385	14,39196	0,805220	17,87334	0,000000
d2	0,190301	0,059099	2,58036	0,801347	3,22003	0,003793
d3	0,095677	0,058927	1,29732	0,799014	1,62365	0,118077

Рис. 13. Результати регресійного аналізу

Analysis of Variance; DV: Vacancies (Spreadsheet11)					
Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-value
Regress.	913,9514	4	228,4879	102,4552	0,000000
Residual	51,2929	23	2,2301		
Total	965,2443				

Рис. 14. Таблиця дисперсійного аналізу

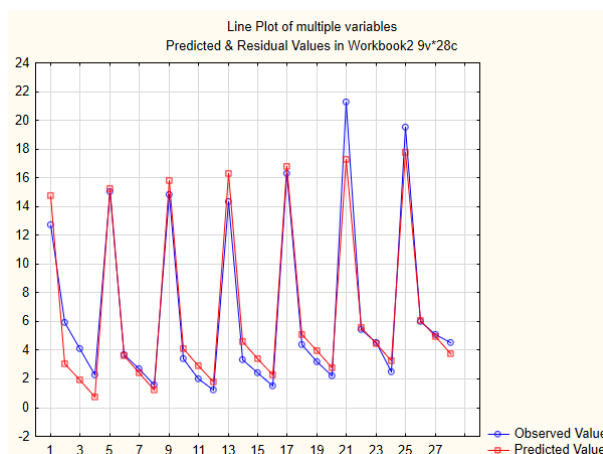


Рис. 15. Графік розрахункових та фактичних значень

Далі проведемо аналіз кількості вакансій у сфері промисловості.

Параметри нелінійної моделі тренду наведені на рис. 16.

Model is: $v_4 = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3$ (Spreadsheet39)						
Dep. Var.: Vacancies_prom						
Level of confidence: 95.0% (alpha=0.050)						
	Estimate	Standard error	t-value df = 24	p-value	Lo. Conf Limit	Up. Conf Limit
a0	27,77407	3,743734	7,41881	0,000000	20,04738	35,50075
a1	-4,21365	1,098448	-3,83600	0,000797	-6,48073	-1,94656
a2	0,30743	0,087200	3,52559	0,001729	0,12746	0,48740
a3	-0,00576	0,001979	-2,91250	0,007632	-0,00985	-0,00168

Рис. 16. Результати оцінювання нелінійної моделі тренду

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Після виключення трендової складової з рівнів ряду проводилася оцінка залишкової компоненти за допомогою спектрального аналізу. Для цього побудуємо періодограми часового ряду (рис. 17).

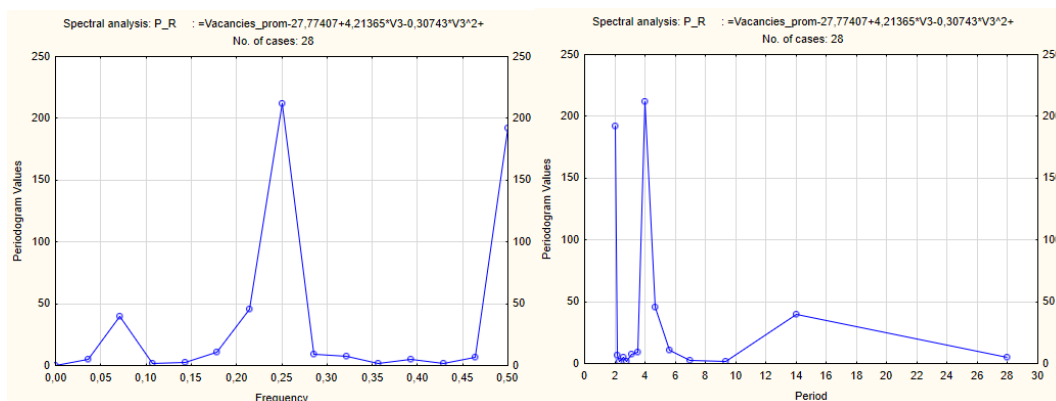


Рис. 17. Періодограми часового ряду

Як видно з рис.17, часовий ряд має періодичну складову з періодом коливань, що дорівнює 4 кварталам. Періодограма для цього значення має гострий пік. Цьому періоду відповідає частота, яка дорівнює 0.25.

Результати спектрального аналізу наведені на рис. 18.

Spectral analysis: P_R :=Vacancies_prom-27.77407+4.21365 (Spreadsheet39)							
No. of cases: 28							
	Frequency	Period	Cosine Coeffs	Sine Coeffs	Periodogram	Density	Hamming Weights
0	0,000000		0,000000	0,000000	0,0000	5,2653	0,035714
1	0,035714	28,00000	0,58553	-0,120272	5,0024	12,1002	0,241071
2	0,071429	14,00000	-1,46174	0,846600	39,9478	19,5273	0,446429
3	0,107143	9,33333	-0,33814	-0,043116	1,6267	11,5609	0,241071
4	0,142857	7,00000	-0,24623	0,360655	2,6698	7,2156	0,035714
5	0,178571	5,60000	-0,87381	-0,027932	10,7006	24,0254	
6	0,214286	4,66667	-1,77015	0,342247	45,5078	74,4627	
7	0,250000	4,00000	-2,33498	3,114478	212,1292	108,5609	
8	0,285714	3,50000	-0,61464	0,537751	9,3374	58,7210	
9	0,321429	3,11111	-0,70619	-0,120586	7,1855	13,5913	
10	0,357143	2,80000	-0,31261	-0,125241	1,5877	4,0108	
11	0,392857	2,54545	-0,51990	-0,277787	4,8644	3,4650	
12	0,428571	2,33333	-0,22624	-0,275881	1,7821	10,4070	
13	0,464286	2,15385	-0,00867	0,669796	6,2818	49,9886	
14	0,500000	2,00000	3,70611	0,000000	192,2937	89,0014	

Рис. 18. Результати спектрального аналізу

Таким чином, комбінована модель часового ряду має вид:

$$y_t = 27,7 - 4,21t + 0,3t^2 - 0,005t^3 - 2,33\cos\left[\frac{2\pi}{4}(t-1)\right] + 3,11\sin\left[\frac{2\pi}{4}(t-1)\right] + \varepsilon_t$$

Результати порівняльного аналізу розрахункових та фактичних значень показника дозволяють зробити висновок про задовільну якість апроксимації (рис. 19).

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

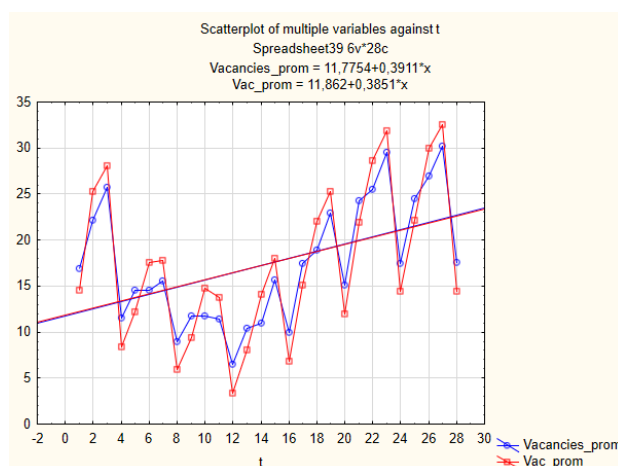


Рис. 19. Графік розрахункових та фактичних значень

Аналогічно було побудовано моделі для часових рядів показників кількості вакансій у наступних сферах: транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність; тимчасове розміщування й організація харчування; інформація та телекомунікації; фінансова та страхова діяльність; освіта. Критерії якості моделей наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Критерії якості моделі

Критерії якості прогнозу / Модель	С/Г	Промисловість	Транспорт	Тимч. розміщ	ІКТ	Фін. діял.	Освіта
Середня абсолютна похибка	1,0	2,73	0,58	0,27	0,06	0,11	0,74
Середньоквадратична похибка	1,35	2,75	0,69	0,31	0,06	0,11	0,93
Середньовідсоткова похибка	-4,75	3,07	1,3	4,25	-0,8	-1,05	7,9
Середня абсолютна процентна похибка	20,8	18,5	11,57	18,34	10,66	19,12	20,23
Коефіцієнт кореляції	0,94	0,92	0,93	0,91	0,94	0,89	0,92

Отже, на основі оцінювання та аналізу моделей часового ряду можна зробити висновок, що всі моделі є адекватними та забезпечують гарну точність прогнозу. Розробимо прогноз на 8 періодів вперед (2 роки в кварталному розрізі), щоб дослідити динаміку показника кількості вакансій за видами економічної діяльності у середньостроковій перспективі (рис. 20).

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ



Рис. 20. Графіки прогнозних значень кількості вакансій за сферами економічної діяльності

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Результати прогнозування (рис. 20) дають можливість зробити висновок, що кількість вакансій у сфері сільського господарства незначно зростає. Це обумовлюється тим, що сільське господарство стає однією з основних галузей економіки України, яка має виражену аграрну спеціалізацію.

Кількість вакансій у сфері промисловості характеризується стійким негативним трендом. Такий тренд відбиває кризу в промисловому секторі. На даний час цифрові інновації слабо торкають промисловий сектор. Хоча сектор ІКТ та промисловий сектор не повинні протиставлятися, цифрові інновації мають посилювати конкурентоспроможність промислового сектора економіки, який дає значний приріст додаткової вартості та зайнятості.

Сфера транспортних перевезень у прогнозі демонструє зменшення амплітуди коливань, хоча основний тренд залишається позитивним. На відміну від сфери тимчасового розміщення та харчування. Як приклад: збільшення кількості ресторанів самообслуговування, через що зменшується потреба у робочій силі, особливо це було актуальним під час пандемії, оскільки дозволяло уникати зайвих контактів.

Сфера фінансів та страхування зазнає значних реформ за процесів цифровізації. Усе більше процесів автоматизується, зникає потреба у великій кількості робітників, але зростають вимоги до кваліфікації працівників.

Сфера інформації та телекомунікації, а також освіти під впливом цифровізації збільшують кількість відкритих вакансій. Розглядаючи систему освіти в контексті цифровізації, слід зазначити, що з плином часу кожен житель планети буде все більше потребувати постійного підвищення своєї кваліфікації та доступу до повноцінної та якісної інформації в рамках *lifelong learning*. Оскільки на поточному етапі розвитку економіки ще неможливо повноцінно замінити працю людей у сфері освіти, то кількість вакансій буде зростати, але й вимоги до кваліфікації працівників також.

Таким чином, можемо зробити висновок про те, що стійкими позитивними трендами збільшення вакансій характеризуються сфери інформації та телекомунікації, освіти, транспорту та сільського господарства.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Таким чином, проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- спостерігається значний розрив в рівні цифрового розвитку країн ЄС, що посилює цифрові загрози;
- реалізація моделей класифікації країн за рівнем цифрового розвитку показала, що економіка України належить до першої стадії цифрового розвитку та характеризується високим потенціалом збільшення зайнятості та продуктивності за рахунок розвитку machine-based цифрових технологій;
- реалізація моделі оцінки інвестицій в інновації на рівень зайнятості показує, що темпи зростання інноваційних секторів економіки є недостатніми і не формують заміну зайнятості, що перекриває спад попиту на робочу силу в традиційних галузях;
- реалізація моделей прогнозування кількості вакансій показує зміну структури зайнятості в Україні, зростання кількості вакансій у сфері інформації та телекомунікацій, освіти, сільського господарства та логістики. Водночас спостерігається значний спад кількості вакансій у промисловому секторі економіки. Це говорить про те, що сектор цифрових інновацій та промисловість слабо пов'язані на сучасному етапі розвитку. Цифрові інновації не повинні протиставлятися промисловому сектору, а навпаки посилювати його конкурентоспроможність, що потребує адекватного коригування політики цифрових трансформацій;
- зміна форм зайнятості внаслідок динамічної кон'юнктури цифрової економіки вимагає адаптації освітніх програм не тільки в частині жорстких навичок, але і в блоках м'яких навичок, що підсилюють комунікаційну складову, вміння здійснювати ефективний менеджмент проектів у мультикультурному середовищі, вміння безперервно вчитися, швидкість освоєння нових цифрових технологій у професійній діяльності.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

ЛІТЕРАТУРА

1. Balsmeier B., Woerter M., «Is this time different? How digitalization influences job creation and destruction», *Research policy*, 48(8), 2019. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.010>
2. Cirillo V., Evangelista R., Guarascio D., Sostero M., «Digitalization, routineness and employment: an exploration on Italian task-based data», *Research Policy*, 50(7), 2021. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104079>
3. Fossen F. M., Sorgner A. «Digitalization of work and entry into entrepreneurship», *Journal of Business Research*, vol. 125, pp. 548-563, 2021. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.019>
4. ITU (2021). MEASURING THE INFORMATION SOCIETY REPORT [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.itu.int/pub/D-IND-ICTOI>
5. Popelo O., Kychko I., Tulchynska S., Zhygalkevych Z., Treitiak O., «The Impact of Digitalization on the Forms Change of Employment and the Labor Market in the Context of the Information Economy Development», *International Journal of Computer Science and Network Security*, 21(5), pp. 160–167, 2021. Режим доступу: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.5.23>
6. The Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf
7. The World Bank Group [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://data.worldbank.org/>
8. Азьмук Н. А., «Сучасні виклики ринку праці при переході до цифрової економіки», *Modern Economics*, № 19, с. 6–13, 2020. Режим доступу: <https://modecon.mnau.edu.ua/issue/19-2020/azmuk.pdf>
9. Гур'янова Л. С., Клебанова Т. С., Прокопович С. В., «Прикладна економетрика», ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 235 с., 2016. Режим доступу: http://www.repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/19842/1/2016-%D0%93%D1%83%D1%80_%D1%8F%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%9B_%D0%A1_%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%A2_%D0%A1_%D1%82%D0%B0_%D1%96%D0%BD.PDF
10. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
11. Клебанова Т. С., Гур'янова Л. С., Чаговец Л. О., «Бізнес-аналітика багатовимірних процесів», ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 271 с., 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/22020>
12. Клебанова Т.С., Курзенев В. А., Наумов В. М., «Прогнозування соціально-економічних процесів: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.030502 "Економічна кібернетика" денної форми навчання», ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 656 с., 2015.
13. Соболев В. М., Мусіюк І. О., «Тенденції зайнятості в умовах цифрової економіки», *Бізнес Інформ*, №10, с. 143–148, 2020. Режим доступу: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-10-143-148>
14. Туль С. І., «Стан і перспективи розвитку діджиталізованого ринку праці в Україні», *Бізнес Інформ*, № 7, с. 182–189, 2019. Режим доступу: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2019-7_0-pages-182_189.pdf

2.7. Моделі адаптивного управління якістю освітніх онлайн послуг

Не зважаючи на скасування Всесвітньої організацією здоров'я статусу пандемії COVID-19 [1] значимість онлайн навчання на фоні класичного продовжує зростати. Наразі в Україні продовжують діяти одночасно режими карантину та воєнного стану, тому, за обставин ізольованості учасників навчального процесу, велика кількість навчальних закладів вирішили перейти на дистанційну форму навчання, а ринок онлайн навчання став затребуваним як на території України, так і у світі.

На це вказують зміни глобального ринку електронного навчання після початку COVID-19. В 2022 році його було оцінено в 332,6 млрд доларів США та, за прогнозами, досягне розміру в 686,9 млрд доларів США до 2030 року, збільшившись у річному обчисленні на 9,5% за цей період [2], а за даними 2021 року 59% здобувачів освіти високо оцінили дистанційний формат навчання. [3]

Третина здобувачів освіти, котрі коли-небудь реєструвалися на платформах масових відкритих онлайн-курсів (МООС), приєдналися до них у 2020 році. Пандемія привела багатьох людей у онлайн навчання. Провайдери МООС, зокрема, отримали значну вигоду, заохочуючи багатьох здобувачів освіти своїми безкоштовними онлайн-курсами у провідних університетах.

Особливо важливим це питання є у зв'язку з активним зростанням кількості вступів навчальні заклади з часом та пандемією коронавірусу, яка ускладнила класичне, очне навчання. Якщо подивитися на графік (рис. 1), де OECD-Average – показник, що вказує на загальну тенденцію європейського регіону [4], то можна побачити, що середні європейські показники здобувачів освіти на навчання мають чітко виражену позитивну тенденцію.

У той же час показники вступників до закладів вищої та загальної середньої освіти в Україні мають тенденцію до зниження.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

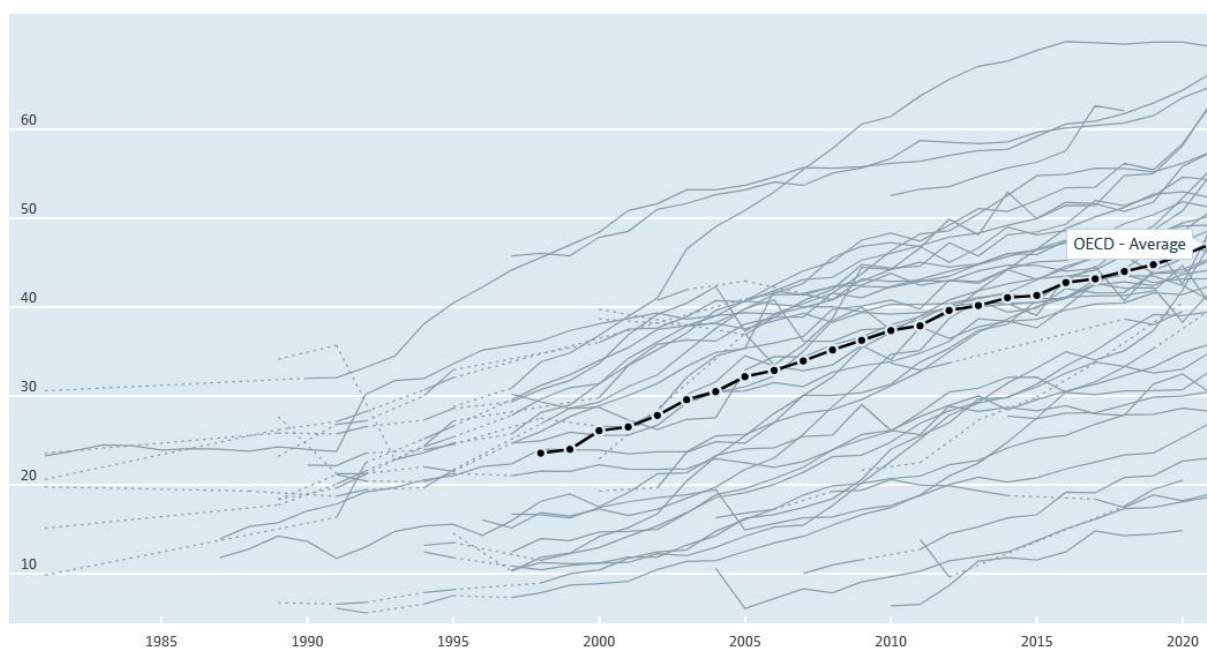


Рис. 1. Графік кількості студентів ЗВО Європи за статистикою ОЕСД

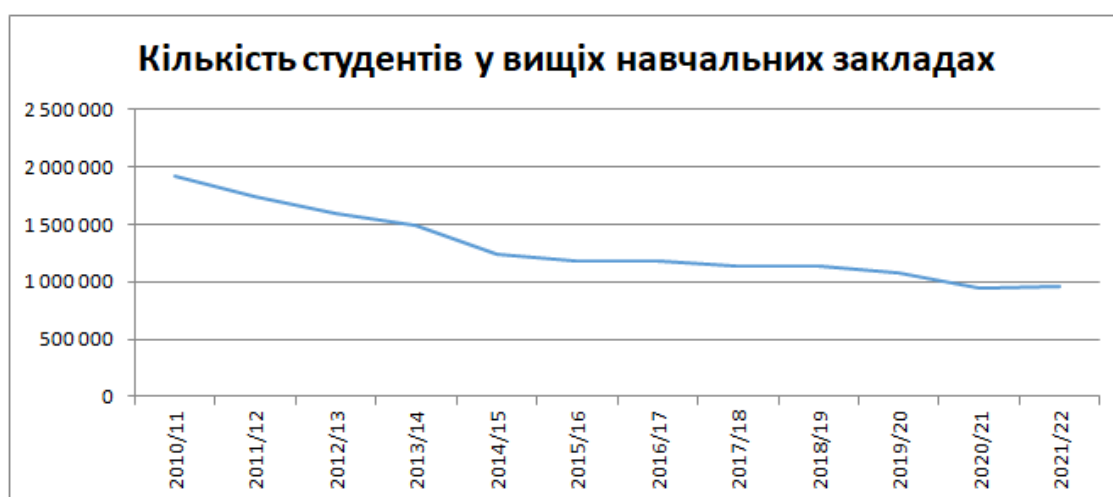


Рис. 2. Графік кількості студентів ЗВО України

Пандемія коронавірусу також торкнулася нашої держави, але, внаслідок відсутності великого досвіду роботи над ринком освітніх онлайн-послуг, державні освітні структури немає загальновизнаних критеріїв якості освітніх онлайн-послуг і знають, як правильно формувати процес навчання у такому режимі.

В наш час, коли умови карантину посилюються ще й воєнним станом, онлайн навчання стало необхідністю ніж екстравагантним рішенням, якість

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

наповнення освітніх онлайн-послуг в цілому та онлайн-курсів зокрема є як ніколи важливим показником, на який необхідно звертати увагу. При погано побудованих онлайн-послугах ступінь засвоєння інформації буде набагато нижчим через безліч, на перший погляд, неочевидних факторів, на які викладачі без досвіду роботи з онлайн-освітою не звернуть увагу. При слабкому засвоєнні інформації студенти нічого очікувати зацікавлені у саморозвитку, позаяк у них нічого очікувати розуміння, що й чого вони вивчають.

Другим мінусом неякісних онлайн-послуг є нераціональне витрачання людино-годин як викладача, так і здобувачів освіти. Неправильно розподілені активності в курсі так, що графік навантаження практичними завданнями є синусоїдою з високою амплітудою, призводять до того, що в пікові моменти навантаження здобувачі освіти не думають над тим, що вони роблять, а в пікові моменти відпочинку їм просто нічого робити, що у свою чергу, так само призводить до слабого засвоєння інформації. З погляду викладача погано побудований курс забиратиме багато часу його на супровід, постійну перевірку нерівномірно нерозподілених робіт та велику кількість консультацій здобувачів освіти. [5, 6]

При використанні високоякісних онлайн-послуг здобувачі освіти повинні отримувати постійний зворотний зв'язок та інформацію про їх успішність, це підштовхує до виправлення допущених помилок та виконання всіх робіт у строк. Якщо правильно налаштувати систему автоматизації коментарів (наприклад на тестах), то викладач також зможе полегшити собі роботу з перевірки та пояснення помилок учням.

У результаті при поганій якості онлайн-послуги здобувачі освіти не будуть мати мотивацію вчитися і закінчать його аби закінчити, що призводить до проблеми відсутності необхідних навичок та знань для застосування їх на практиці, це, у свою чергу, створить цілу групу потенційно некомпетентних працівників, що не зможуть виконувати покладені на них обов'язки та призводитимуть до втрати вигоди або навіть збитків на робочому місці. А це вже шкодитиме іміджу навчального закладу чи приватним конторам, що надають освітні онлайн-послуги, які закінчили подібні працівники.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Освітні онлайн-послуги є надто об'ємною для побудови моделей адаптивного управління, тому в даній роботі розглядається вид освітніх онлайн-послуг – онлайн-курси, які використовуються як державними установами, так і приватними конторами. Онлайн-курси є досить описуваними з погляду статистики, мають менший освітній цикл у порівнянні з класичною освітою і мають більш широке охоплення споживчої бази. Таким чином, розглядаючи онлайн-курси можна сформулювати первинне уявлення про якість дистанційної освіти та сформулювати базові моделі управління якістю дистанційної освіти.

Для подолання наведених проблем в роботі пропонується комплекс моделей, об'єднаних у систему адаптивного управління якістю онлайн-курсів, а при розробленні системи адаптивного управління [7-9] потрібно чітко розуміти етапи самого дослідження, цілі кожного етапу та методи, які будуть застосовуватися на різних етапах дослідження. Це дозволить чітко відстежувати прогрес дослідження та спростить коригування у разі потреби внесення змін. Розглядаючи тему та мету дослідження можна сформулювати наступний план (рис. 3):

План дослідження складається з 2 етапів аналізу освітніх онлайн-курсів та реалізації механізму адаптивного управління. На першому етапі необхідно проаналізувати загальний стан ринку освітніх онлайн-курсів з метою поділу їх на окремі кластери:

- Першим завданням є завдання кластеризації даних за освітніми онлайн курсами для виділення більш чіткої груп з метою подальшої оцінки загальних позитивних та негативних аспектів кожного кластера.
- Внутрішньокластерний аналіз, що дозволяє оцінити щільність кластера та універсальність розроблюваних керуючих впливів для кластера в цілому.
- Коригування кластерів та керуючих моделей з урахуванням інформації роздрібних освітніх онлайн-платформ.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

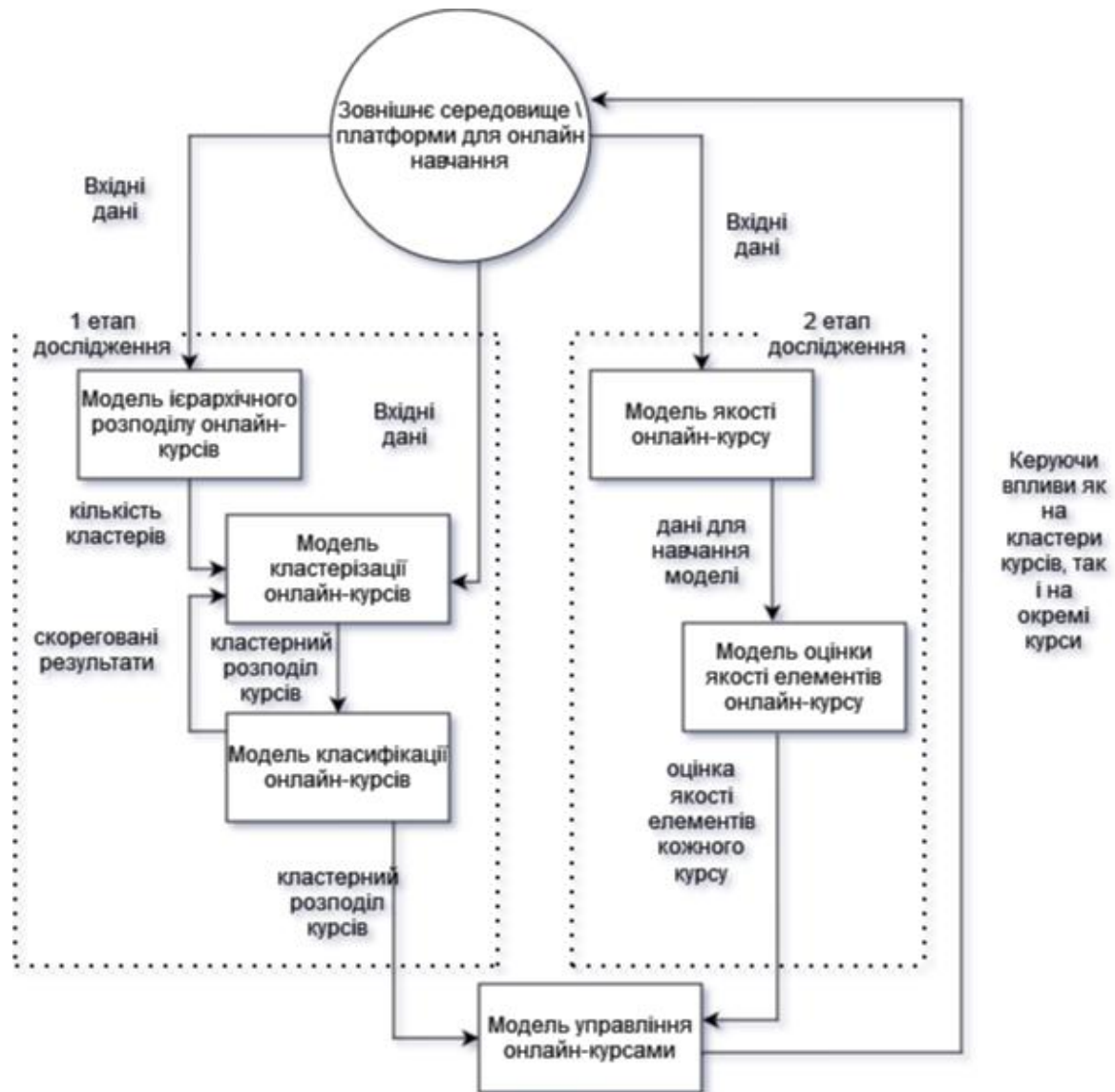


Рис. 3. Схема дослідження

Другий етап включає аналіз кожного курсу окремо з метою виявлення позитивних і негативних факторів, що впливають на курс, а так само виділення загальнокластерних проблем всередині кластерів, утворених на попередньому етапі:

- Оцінка якості кожного курсу окремо та за кластерами в цілому, як базового орієнтиру в управлінні.
- Оцінка якості та різноманітності наповнення курсу для визначення місць, на поліпшенні яких треба зосередитись.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Третій етап включає побудову моделі адаптивного управління освітніми онлайн-курсами при обліку як отриманих кластерів із загально-кластерними рекомендаціями, так і унікальними рекомендаціями для кожного курсу:

- Розробка загальнокластерних та унікальних управлінських моделей з метою застосування їх на практиці.
- Оцінка зміни якості освітнього онлайн-курсу при застосуванні зазначених змін.

Метою управління якістю утворених онлайн-послуг є формування та контроль нормативних показників онлайн-курсу – існує досить велика кількість методик оцінки якості освітніх онлайн-курсів, і вони охоплюють як наповнення курсу, технічну зручність курсу та можливість споживачеві отримати відгук від викладача. На жаль, ці методики не враховують якість наповнення курсу. Кожен з аспектів якості наповнення безпосередньо впливає на ступінь засвоєння матеріалів споживачами, а значить і на якість курсу.

Перший аспект якісного наповнення курсу – достатня кількість матеріалів з якими споживач може працювати для розвитку у вибраному напрямку. У разі нормативними показниками можуть бути: кількість методичних матеріалів, кількість інтерактивних елементів курсу, кількість взаємодій із різними елементами курсу (параметр, необхідний оцінки того, наскільки елемент затребуваний споживачами).

Другий аспект якісного наповнення курсу - розподіл елементів всередині курсу. Цілком можлива ситуація коли елементи згруповані нерівномірно, що створює проблему “американських гірок” навантаження на споживача, тобто споживач може бути перевантажений, що погано впливає на засвоюваність матеріалу, або, навпаки, нічого робити. В даному випадку нормативними показниками виступають: кількість елементів на розділ курсу та ступінь їх наповнення.

Третій аспект якісного наповнення курсу – кількість часу, приділеного викладачем на роботу з курсом. В даному випадку мається на увазі як

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

спілкування із споживачами онлайн-курсу, так і робота з актуалізації матеріалів під сучасні реалії. Критеріями якості можуть бути: кількість активних годин викладача, кількість активних студентів та загальна тривалість курсу. На локальному рівні подібне управління якістю онлайн-курсу дозволить реативно реагувати на необхідність внесення змін до наповнення курсу, що підвищить якість знань та навичок у споживачів, що закінчили онлайн-курс. Викладачі, у яких будуть чіткі критерії та нормативи, зможуть швидше та ефективніше організовувати освітні онлайн-курси, витрачаючи при цьому менше часу. [9-14]

Споживачі освітніх онлайн-послуг зможуть отримувати найактуальніші дані та стати більш затребуваними фахівцями, що підвищить престижність навчального закладу в очах роботодавця, а споживач освітньої послуги, у свою чергу, буде більш мотивованим розширювати свої знання у майбутньому.

На глобальному рівні система управління якістю освітніх онлайн-курсів може допомогти у розвитку ринку онлайн-освіти за допомогою систематизації та приведення всіх онлайн-курсів під єдину систему оцінки якості онлайн-курсів. Завдяки цьому споживачеві буде набагато простіше орієнтуватися при виборі серед усієї безлічі освітніх онлайн-послуг, що йому надаються.

Завдяки цьому споживачі мають підвищити рівень довіри до освітніх онлайн-послуг, що, у свою чергу, дозволить повноцінно інтегрувати онлайн-освіту до навчальних закладів України. Підвищення рівня довіри до освітніх онлайн-курсів також дозволить ринку онлайн-освіти прискорити темпи зростання, що, у свою чергу, дозволить трудовим ресурсам стати більш адаптивними.

Внаслідок складності оцінки їх якості через суб'єктивну корисність курсу та унікальність освітніх курсів необхідно проводити аналіз у кілька етапів:

- кластерний аналіз курсів із метою виділення основних тенденцій;

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

- аналіз якості кожного окремого курсу для формування більш точних керуючих впливів.

Таким чином, система адаптивного управління зможе надавати найбільш коректні керуючі впливи, спираючись як на загальні характеристики класу, так і на унікальні риси кожного окремого курсу.

Для вирішення першого завдання в дослідженні будуть використовуватися методи нечіткої кластеризації через те, що різниця між окремими курсами та окремими кластерами далеко не завжди буває чітко відстежуваною.

У реальних умовах практично ніколи не вдасться отримати дані з курсами, якість яких вже було оцінено, у зв'язку з чим буде потрібний метод кластеризації буд вчителя, на кшталт k-means. Цей метод має аналог для нечіткої класифікації – fuzzy c-means [16]. Саме цей метод використовуватиметься у дослідженні.

Цей метод вимагає вказати кількість кластерів, куди необхідно поділити вибірку даних. Для вирішення цієї проблеми найпростіше використовувати візуалізацію відстаней між об'єктами кластеризації.

Для цього використовуватиметься ієрархічна дендрограма [17], вона дозволить візуально оцінити кількість кластерів, яку необхідно задати для fuzzy c-means.

Наступним кроком стане модель класифікації. Через велику кількість чинників було обрано модель дерева рішень. При побудові лісу дерев рішень [18] можна буде повторно підтвердити роботу моделі fuzzy c-means під час розбиття даних на групи, а також чітко відстежити причинно-наслідкові зв'язки при формуванні кластерів, що допоможе у подальшому аналізі.

Для вирішення поставлених завдань будуть використовуватися пакети мови python:

- `plotly`, `numpy`, `pandas` – пакети, необхідні рішення кожного завдання, вони відповідають за побудова графіків і обробку вхідних даних.
- `fcmeans` – пакет, необхідний реалізації методу fuzzy c-means.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

- `sklearn` – пакет, що використовується для побудови дерев рішень.

Дані пакети мови `python` добре зарекомендували себе при проведенні статистичних досліджень, а сама мова `python` відмінно підходить для роботи з більшою кількістю даних.

Наступним кроком буде застосування побудованих моделей на іншій вибірці даних для підтвердження їх ефективності та коригування у разі сильних розбіжностей.

Для подальшого аналізу доцільно використання вже існуючих методик самоаналізу якості онлайн-курсів. Методики необхідні формування показників якості окремих курсів і саме основі цих методик буде виводиться загальний інтегральний показник якості курсу.

Далі, використовуючи методики оцінки якості онлайн-курсів, необхідно проаналізувати підлогу курсу з урахуванням даних, отриманих при самоаналізі. Найбільш проблематичним аспектом є відображення отриманих у фізичному втіленні освітнього онлайн-курсу.

Для вирішення цього завдання будуть використовуватися нейромережі, які дозволять оцінити кожен курс, вказавши на зв'язок між елементами курсу та пунктами методик оцінки якості онлайн-курсів.

На завершальному етапі дослідження будуть розроблені керуючі впливи, що безпосередньо залежать від результатів аналізу курсу і сформовані для вирішення виявлених на курсі проблем.

З огляду на згадану вже розтягнутість у часі важливо формувати керуючі впливи з огляду на довкілля, тобто. зробити систему управління якістю освітніх онлайн курсів адаптивною.

Тобто у нашому випадку адаптивне управління буде проводитися не людиною, але системою, що, спираючись на вхідні дані зовнішньої і внутрішньої оцінюватиме якість освітнього онлайн-курсу і виробляти керуючі впливи на курс, ґрунтуючись на системі критеріїв, сформованих персонально для кожного курсу, або узагальнених для галузі загалом. Відповідно адаптивне управління зачіпатиме адаптивні системи, як ініціатора управляючого впливу на онлайн-курс.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

У простих випадках автоматизовані керуючі впливи систем управління спираються на заздалегідь розраховану математичну, імітаційну та інші вимірювані моделі. Це актуально для об'єктів управління, які мають низький рівень мінливості, таких, як термостат. Варто системі перевищити певну температуру, як відбудеться екстрене відключення без людського втручання.

На жаль, такі системи неспроможні обслуговувати об'єкт управління, якщо йому невідомі параметри зазначених вище моделей, тобто. у випадку, якщо у нас немає достовірної інформації про реакцію об'єкта управління на керуючі дії або умови, в яких ці керуючі дії виробляються, мінливі і вимагають постійного коригування моделі.

У такому разі використовуються адаптивні моделі управління, головним завданням яких є контроль якості керування та коригування керуючих впливів у разі потреби. Так говорилося вище, адаптивне управління пов'язані з іншим важливим цієї роботи інструментом управління, саме системою адаптивного управління.

Першим завданням, яке необхідно вирішити при побудові моделей адаптивного управління якістю освітніх онлайн-курсів, є завдання отримання та обробки вихідних даних. Як було зазначено в першому розділі даної роботи, кожна платформа має свої показники, які можливо витягувати, не змінюючи структуру самої платформи для цього, тобто система адаптивного управління повинна працювати з найбільш узагальненими і поширеними даними.

При аналізі кількох платформ з освітніми онлайн-курсами було зроблено такі висновки – є п'ять основних показників, на які можна спиратися у зв'язку з їх поширеністю: оцінка учня за проходження курсу, оцінка учням самого курсу, кількість витрачених учням годин при взаємодії з курсом, загальне кількість реєстрацій на курсі, абсолютна та відносна кількість здобувачів освіти, які завершили курс.

На жаль, ці п'ять показників не є вичерпними при визначенні ступеня якості курсу, але їх має бути достатньо для вирішення наступної проблеми –

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

поділу курсів на окремі кластери, в яких проводиться наступний етап аналізу.

На наступному етапі побудови аналізу даних необхідно вирішити питання з розподілом курсів на окремі кластери за представленими узагальненими ознаками. Провівши такий поділ можна буде виділити первинні кластери, подібність серед яких дозволить припустити про схожу ефективність управляючих впливів усередині кластера. При такому розподілі цілком імовірно поява підкластерів, які формуватимуться вже спираючись на відмінності окремих елементів освітнього курсу для формування більш точних керуючих впливів.

Для формування кластерних груп буде використано алгоритми класифікації з вчителем. Подібні алгоритми вимагають наявності маркованих навчальних даних для коректної роботи, але у зв'язку з людським фактором при оцінюванні онлайн-курсів та різними підходами до оцінки якості освітніх курсів у різних розробників курсів, що призводить до неоднозначності трактувань результатів, доцільно спочатку провести роботу з обробки даних у навчальній вибірці. Але, у зв'язку з великими обсягами даних, які необхідно обробити, набагато раціональніше використовувати алгоритми класифікації без вчителя і скоригувати результат за необхідності, ніж перевіряти сотні курсів вручну.

Для вирішення задачі первинної кластеризації буде використовуватися метод нечітких середніх, який є модифікацією методу середніх. Головною його перевагою є результат у вигляді ймовірностей приналежності досліджуваного курсу до кожного кластера, що полегшить завдання перевірки роботи алгоритму. Для цього буде використан метод нечітких s -середніх.

Алгоритм кластеризації Fuzzy s -means, який є другою моделлю на першому етапі дослідження та наведений на рис. 4, є методом навчання без вчителя. В алгоритмі кластеризації, якщо ймовірність того, що одна точка даних належить кластеру, може набувати значення лише 1 або 0, це жорстка кластеризація. Кордон кластера в методі жорсткої кластеризації може бути візуалізований як чітка межа. Навпаки, у методі нечіткої кластеризації

ймовірність того, що одна точка даних належить кластеру, може набувати будь-якого значення від 0 до 1, наприклад 75, для якого межа кластера може бути візуалізована як нечітка межа.

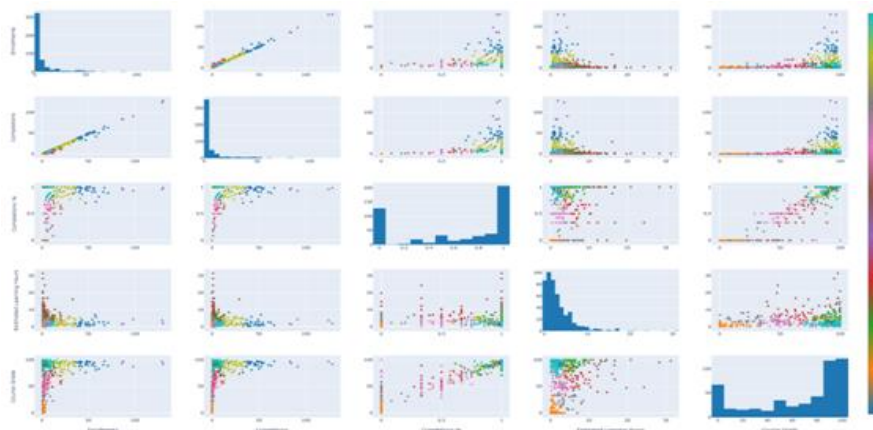


Рис. 4. Графік fuzzy c-means

Далі наводиться приклад застосування методу fuzzy c-means з прикладу курсів платформи Coursera, а саме статистика за 500 курсами, за якими студенти ХНЕУ ім. С. Кузнеця проходили навчання у продовж 2022 року. На графіку, наведеному нижче, можна побачити, що щільність кластерів досить велика, щоб можна було беззастережно віднести всі курси до певного кластера. Саме тому у пріоритеті використання стоять методи нечіткої кластеризації.

Щоб використовувати метод середніх, потрібно знати приблизну кількість можливих кластерів. Для цього буде використано дендрограму розподілу освітніх курсів на кластери – агломеративний метод ієрархічної кластеризації, який дозволить візуально оцінити кількість можливих кластерів та відстань між ними.

На схемі (рис. 5) дана модель є першою, яку необхідно побудувати під час першого етапу дослідження, але по суті вона виконує лише допоміжну роль для моделі fuzzy c-means.

Завершальною моделлю першого етапу, який наведено на рис. 6, є древо рішень класифікації онлайн-курсів. У зв'язку з можливим розширення статистичних кількісних даних додатковими, якісними даними для

вирішення завдання кластеризації буде використовуватися алгоритм дерева рішень.

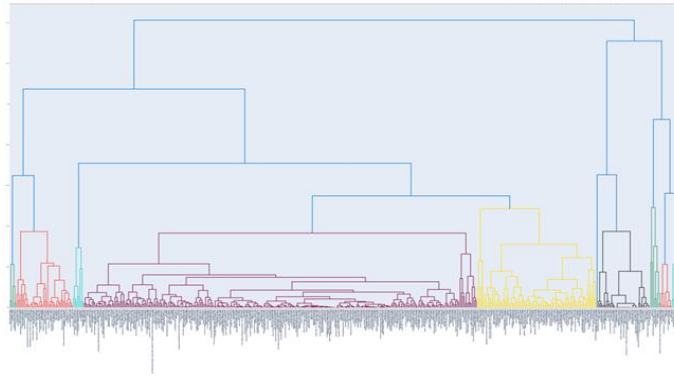


Рис. 5. Дендрограма

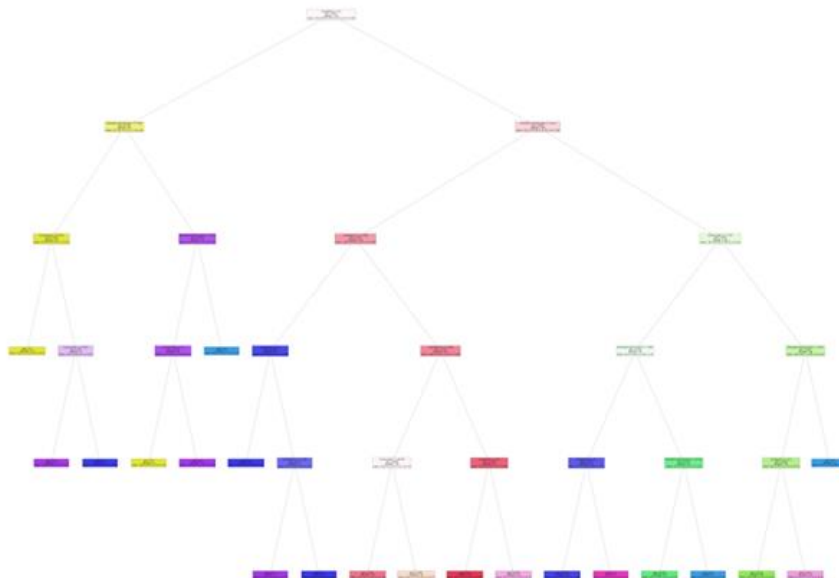


Рис. 6. Дерево рішень

Усі графіки, наведені вище, є прикладом використання моделей та демонстрацією ще однієї проблеми при оцінці якості курсів – високого ступеня перетину кластерів.

До того ж не варто забувати проблему неоднорідності даних, дані моделі були побудовані на основі платформи Coursera, в той час, як інші платформи, в силу архітектурних відмінностей платформи, можуть формувати зовсім інші кластери.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

У цій табл. 1 можна побачити основні статистичні показники отриманих кластерів під час використання тестових моделей. Чітко виділяються 2 кластери з хорошими показниками надходжень і завершень курсу, а також 2 кластери з низькими показниками даних значень. Так само можна виділити кластер з рекаордними, серед порівнюваних, показниками значеннями зтрачених на проходження курсу годин, інші ж курси були розподілені в досить близько розташовані кластери, що вкотре підкреслить необхідність використання як загальнодоступних показників, а й експертні оцінки під час оцінювання якості курсів.

Таблиця 1

Статистичні показники кластерів

cluster	Enrollments				Completions				Completions %				Estimated Learning Hours				Course Grade %			
	mean	min	max	med.	mean	min	max	med.	mean	min	max	med.	mean	min	max	med.	mean	min	max	med.
0	49,44	36,0	71,0	48,0	46,3	33,0	66,0	46,5	94,1	70,2	10,0	96,8	1,91	0,36	7,02	1,32	92,2	76,2	97,5	93,8
1	1,19	1,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,70	0,0	3,63	0,47	3,99	0,0	31,6	0,0
2	4,16	1,0	19,0	2,0	3,84	1,0	18,0	2,0	96,7	61,5	10,0	10,0	5,44	3,21	9,41	5,38	91,8	77,4	10,0	92,5
3	6,50	1,0	20,0	3,50	3,71	0,0	13,0	2,0	52,6	0,0	81,8	53,6	7,30	3,92	14,7	6,85	62,8	39,2	89,0	63,1
4	106,0	86,0	130	98,0	102	83,0	128	91,0	96,1	92,9	98,4	96,1	2,58	1,36	4,35	1,91	93,2	87,0	97,0	93,5
5	3,09	1,0	33,0	1,0	2,55	0,0	29,0	1,0	87,3	0,0	10,0	10,0	16,0	9,81	31,3	14,3	88,6	47,5	10,0	95,1
6	4,28	1,0	20,0	3,0	2,19	0,0	10,0	1,0	47,3	0,0	75,0	50,0	2,47	0,08	5,16	2,53	55,6	28,9	10,0	53,3
7	2,48	1,0	12,0	1,0	0,20	0,0	2,0	0,0	4,18	0,0	33,3	0,0	4,20	1,02	8,51	3,58	30,5	0,0	68,3	31,1
8	23,86	13,0	41,0	22,5	21,4	12,0	35,0	21,0	89,4	59,1	10,0	91,6	2,69	0,30	6,02	2,42	88,6	61,5	10,0	90,8
9	3,53	1,0	13,0	2,0	3,34	1,0	13,0	2,0	97,5	75,0	10,0	10,0	1,31	0,07	3,17	1,27	92,3	70,5	10,0	95,0

Розглядаючи результат роботи дерева рішень можна помітити, що основним параметром для поділу є абсолютне значення завершень курсу учнями, коли контрастний, на перший погляд, показник зарахувань розглядається на 3 кроці.

На другому етапі дослідження, який наведено на рис 3, насамперед треба отримати інтегральний показник якості курсу для того, щоб надати нейромережі її навчальну вибірку, а для цього є необхідність у розробці моделі оцінки якості освітнього онлайн-курсу для оцінки курсів усередині утворених на попередньому етапі кластерів.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Якщо розглядати виділені вище п'ять статистичних показників освітніх онлайн-курсів, можна вивести інтегральну оцінку, яка надасть числову оцінку якості курсу. Відразу виникає проблема того, що невідомі вагові категорії кожного з показників, так само невідомий ступінь впливу неврахованих факторів та особливостей онлайн-курсу та платформи.

В силу унікальності підходів до розробки онлайн-курсів на кожній платформі (технічні обмеження платформи) кожним окремим викладачам (структура та наповнення курсу) можливий наступний шлях розробки системи оцінки якості курсів:

Перший шлях полягає у використанні регулярного оцінювання курсів та їх окремих елементів за допомогою регулярного опитування розробників курсів та здобувачів освіти. Очевидним мінусом такого методу є суб'єктивність оцінки якості курсів, але вплив цього мінуса можна скоротити, використовуючи перевірки за допомогою груп фахівців, наприклад, кількох розробників курсів, які оцінюватимуть курс неупереджено.

Використання цього методу є досить дослідженим напрямом. Існує безліч сформованих методів оцінки онлайн-курсів, які пропонують в цілому схожі критерії і відливаються в деталях реалізації, наприклад оцінювання проводиться спеціалістом, або ж розробник сам регулярно проходить само-тестування, методика спрямована на технічне наповнення або ж на зручність використання курсу споживачем і т.д. .

Розглянемо загальні риси розповсюджених методик оцінки якості електронних курсів, розглянутих в даному дослідженні:

Практично кожна методика виділяє важливість ознайомлення студента з тим, що його чекає в курсі, виділяючи силабус та/або робочу програму, як окремий підпункт, не забуваючи про ознайомлення з технічними вимогами курсу та етикетом поведінки. Наприклад, National Standards for Quality Online Learning [10] та Quality Matters [11] акцентують на цьому увагу у перших же підрозділах їх нормативів.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Всі методи оцінювання вимагають чіткого наведення компетенцій/компетентностей, які студент набуває при повному проходженні курсу. При чому як на рівні курсу загалом, так і на рівні модуля/теми.

У всіх методиках оцінки вказана важливість зрозумілої для учня та, при цьому, гнучкої системи оцінювання як учня, так і викладача з курсом.

При оцінці наповнення курсу враховуються як відповідність матеріалів поставленим цілям курсу, так і відповідність рівня матеріалів рівню здобувачів освіти. В останніх редакціях деяких методик оцінки з'явився пункт про прагнення відобразити культурно різноманітну перспективу, що є спірним рішенням для деяких навчальних дисциплін.

Практично у всіх нормативах враховується ступінь відповідності діяльності, необхідної протягом всього курсу, з тими навичками і компетентностями, якими студент повинен буде володіти після повного вивчення і завершення курсу.

Окремим пунктом виділяються використовувані під час вивчення курсу технології та їх доступність для використання. Методи оцінки якості електронних курсів пропонують віддавати перевагу найбільш простим і базовим технічним інструментам, якщо інше не передбачено в самому курсі.

Доповнюючи попередній пункт, велика кількість курсів виділяють важливість різних методів донесення інформації для студентів з обмеженими можливостями.

Також важливим пунктом виділяються технічна та навчальна підтримка студента протягом всього курсу. Більшість методів оцінки наголошують на необхідності вказівки годин, коли на повідомлення студента буде надано відповідь і максимальний час, який студент змушений чекати в разі високого навантаження на відділ технічної підтримки.

Практично в кожному методі оцінки важливу роль відіграє інтуїтивно зрозумілий дизайн курсу, за допомогою якого студент легко знайде основні інструменти для взаємодії з курсом.

Важливим моментом є те, наскільки повною інформацією про викладачів курсу володіють студенти. Практично у всіх методах оцінки онлайн

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

курсів викладачів просять надати біографічні дані, фотографію, вітання, наукові регалії і час, коли викладач буде відповідати на виниклі у студента питання.

Відмінні риси методик оцінки якості електронних курсів:

- Нормативи OSCQR [12] найбільш підходять для викладачів, які хочуть самостійно оцінити курси і, по можливості поліпшити їх.
- Методика EOCCS [13] підходить для навчальних закладів як з точки зору оцінки створених в них курсів, так і для виділення найбільш привабливих для студентів організаційних елементів.
- Методика Quality Matters пропонує бальну оцінку курсу, ґрунтуючись на запропонованих ними показниках. Quality Matters володіє широким спектром нормативів, що охоплює велику кількість аспектів електронних курсів.
- Методика оцінки якості ПНС найбільш жорстко вибудована за критеріями і має чітко описані рівні якості електронних курсів, що дозволяє вибудувати однозначну ієрархію важливості їх окремих елементів.
- Нормативи і критерії Quality Matters і National Standards for Quality Online Learning найбільш універсальні, а останні також є найбільш докладно описаними, і підходять для оцінки будь-яких курсів. Нормативи OSCQR - SUNY Online Course Quality Review Rubric спрямовані на самоаналіз електронних курсів з боку їх авторів і навчальних закладів.

Наведені приклади різної спрямованості методик оцінки електронних курсів свідчить про те, що на сьогодні багато питань не отримали ще належного розвитку в дослідженнях.

У табл. 2 наведено порівняльну характеристику розглянутих в дослідженні методик оцінки якості електронних курсів, що дозволяє наочно представити результати проведеного аналізу.

Так, як перше запропоноване рішення – запровадити самоанкетування, то найбільш вдалим буде методика SUNY Online Course Quality Review Rubric (OSCQR).

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Таблиця 2

Порівняльна характеристика методик оцінки якості електронних курсів

<i>Назва методики</i>	<i>Пере-ваги</i>	<i>Недо-ліки</i>	<i>Стан-дарту</i>	<i>Кри-терії</i>	<i>Бальна оцінка</i>	<i>Особливості</i>	<i>Рекомендації щодо застосування</i>
National Standards for Quality Online Learning	Комплек-сність критеріїв та ступінь розкриття критеріїв	Відсутні	+	+	-	Найбільш уні-версальна мето-дика	У випадку, якщо не-має будь-яких специ-фічних вимог, або ж за необхідності роз-робити унікальну ме-тодику на базі існую-чої
Quality Matters	Комплек-сність критеріїв	Критерії не розк-риті	+	+	+	Універсальна методи-ка	У випадку, якщо не-має будь-яких специ-фічних вимог, але необхідна бальна оцінка
Quality Standards for Online Learning [14]	Унікаль-ність сфери за-стосу-вання	Вузько-направ-леність крите-ріїв	+	+	-	Врахування ре-лігійного аспек-ту	Застосовувати у ви-падку наявності у електронному курсі зв'язку з релігією
Quality Online Course Initiative [15]	Розгляд навчаль-ного за-кладу, як частини системи навчання.	Відсутні	+	+	-	Методика зісно-вана на самоан-кетуванні навча-льних закладів	У випадку, якщо нав-чальний заклад пото-ково оцінює курси
OSCQR	Високий ступінь описано-сті крите-ріїв	Низький ступінь форма-лізова-ності крите-ріїв	+	+	-	Найбільш сприяє аналізу курсу з боку ви-кладача, який розробив курс	Для оцінки якості власного курсу
Online Course Certification System	Вкрай до-кладна деталіза-ція кож-ного нор-мативу на підпункти	Деякі підпун-кти за-надто сильно деталі-зовані	+	+	-	Дворівнева дета-лізація нормати-вів	Якщо при оцінку ви-магається розглянути як можна більше аспектів курсу

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Загалом методика OSCQR включає процес, онлайн-дашборд та інтерактивну анкету за рубриками для систематичного розгляду та оновлення навчального дизайну та доступності онлайн та змішаних електронних курсів, а також повних онлайн-програм рівнів освіти.

Структура OSCQR:

- Огляд та інформація
- Технології та інструменти
- Педагогічний дизайн та структура
- Контент та наповнення
- Взаємодія
- Оцінювання знань та зворотний зв'язок

Самі нормативи розписані досить детально, але поступаються іншим методикам у глибині оцінювання, що проводиться. Дана методика скоріше спрямована на самоаналіз електронних курсів, але інтерес представляє запропонований механізм оперативної оцінки якості та подальшого розвитку курсів.

Якщо розглядати економічний аспект розробки та використання освітніх онлайн-курсів з метою отримання заробітку, то є сенс використовувати методику Online Course Certification System (EOCCS)

Структура методики EOCCS:

- Інституційний контекст
- Зміст курсу
- Зміст курсу та взаємодія
- Процеси забезпечення якості

У процесі оцінки курсу в першій частині пропонується детально описати цілі платформи, її спонсорів, плани та ресурси. Інші частини також використовують подібний підхід, так що, як і попередня методика OSCQR, EOCCS орієнтовані на самоаналіз та збір даних для виявлення власних слабких сторін та напрямів подальшого підвищення якості електронних курсів.

Під час проведення подібних опитувань вдасться отримати більш достовірні дані для побудови моделі якості освітнього онлайн-курсу.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Розглядаючи методику оцінювання освітніх онлайн курсів OSCQR можна додати в модель змінні, які будуть інтегральними оцінками по кожному з розділів методики. Завдяки тому, що оцінка курсу може проводитися як від імені здобувачів освіти, так і від викладачів, то результати можна так само перевірити на узгодженість і адекватність.

Таким чином, можна зробити висновок, що контроль якості освітніх онлайн-послуг в цілому та онлайн-курсів зокрема є вкрай важливим і актуальним питанням на сьогодні. У цій роботі розглянуті лише онлайн-курси, як найпоширеніша форма онлайн-послуг і саме на прикладі онлайн-курсів розглядаються теоретичні моделі адаптивного управління, які, згодом, можна адаптувати для інших форм онлайн-послуг. Побудова подібних моделей виявила складність визначення узагальнених показників з метою класифікації онлайн-курсів і наскільки щільними є отримані кластери.

Запропоновані в роботі моделі для системи адаптивного управління полегшать контроль якості онлайн-курсів і дозволять оперативно коригувати виявлені слабкі місця курсу, а також розвивати вдало реалізовані рішення. Розробники курсу зможуть отримувати коригування у реальному часі без необхідності систематизації та узагальнення як статистичних даних, так і експертних оцінок користувачів.

Побудова на основі запропонованого комплексу моделей системи адаптивного управління дозволить отримати механізм, що автоматично обробляє отриману статистичну інформацію та пропонує напрямки та формує рішення для покращення якості освітніх онлайн-курсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Всесвітня організація охорони здоров'я відсьогодні скасовує статус пандемії COVID-19. – [Електронний ресурс]. – 2023 – <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3705279-vooz-skasuvata-status-pandemii-covid19.html>
2. Global E-Learning Industry – [Електронний ресурс]. – 2020 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.reportlinker.com/p03646043/Global-Mobile-Learning-Industry.html#:~:text=Amid%20the%20COVID%2D19%20crisis,10.3%25%20over%20the%20analysis%20period.>

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

3. Dian Schaffhauser, Report: Most Learners Have Found They Like Online Learning – [Електронний ресурс]. – 2021 – <https://campustechnology.com/articles/2021/10/07/report-most-learners-have-found-they-like-online-learning.aspx>
4. OECD Data: Population with tertiary education – [Електронний ресурс]. – 2023. – <https://data.oecd.org/eduatt/population-with-tertiary-education.htm>
5. Advantages and Disadvantages of Online Courses – [Електронний ресурс]. – 2023 – <https://www.montgomerycollege.edu/academics/online-learning/distance/advantages-and-disadvantages-online-courses.html>
6. Данилович Катерина, Недоліки дистанційного навчання та чому вони не мають значення – [Електронний ресурс]. – 2023 – <http://blog.ed-era.com/nedoliki-distantsiinoghonavchannia/>
7. Osburn, P. V. New development in the design of adaptive control system / P. V. Osburn, H. P. Whitaker, A. Kezer // Paper 61-39. Inst. Aerospace Sc. 29th Annual Meeting. N. Y. — 1961
8. Шеремет А. И., Шматок Д. В. КЛАССИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ. - [електроний ресурс] - Режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/ddma/Herald_1\(40\)_2017/article/7.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/ddma/Herald_1(40)_2017/article/7.pdf)
9. Скурихин В.И. , Копейченко Ю.В. Забродский В.А. Проектирование систем адаптивного управления производством. - Харьков: Вища школа, 1984. - 206 с.
10. THE National Standards for Quality Online Learning – [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.nsqol.org/>
11. Quality Matters – [Електронний ресурс]. – 2021 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.qualitymatters.org/>
12. OSCQR – SUNY Online Course Quality Review Rubric – [Електронний ресурс]. – 2021 – Режим доступу до ресурсу: <https://oscqr.suny.edu/>
13. Online Course Certification System. An international quality benchmark for online courses [Електронний ресурс]. – 2021 – Режим доступу до ресурсу: https://efmdglobal.org/wp-content/uploads/EOCCS_Standards_and_Criteria.pdf
14. Quality Standards for Online Learning [Електронний ресурс]. – 2021 – Режим доступу до ресурсу: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiizcPdx7rvAhUt-yoKHRVJAKUQFjARegQIGhAD&url=https%3A%2F%2Fwww.apu.edu%2Ffive_data%2Ffiles%2F334%2Fonline_learning_standards.pdf&usq=AOvVaw2Pi29lk2ngIqkaUqnF2pLk
15. Quality Online Course Initiative (QOCI) Rubric [Електронний ресурс]. – 2021 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.uis.edu/ion/resources/qoci/>
16. Dunn, J. C. (1973-01-01). "A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters". *Journal of Cybernetics*. 3 (3): 32–57.
17. G. N. Lance, W. T. Williams; A General Theory of Classificatory Sorting Strategies: 1. Hierarchical Systems, *The Computer Journal*, Volume 9, Issue 4, 1 February 1967, Pages 373–380
18. Breiman, Leo; Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. *Classification and regression trees* (англ.). — Monterey, CA: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, 1984 – 358 с.

2.8. Моделювання динаміки складних ієрархічних систем на основі економіки інтелекту та віральності процесів розвитку

Розвиток національної економіки вимагає швидких трансформаційних зміни форм та методів управління складних ієрархічних систем (СІС). З метою підвищення ефективності діяльності вітчизняні суб'єкти підприємств та організацій модернізують та удосконалюють нові організаційні структури управління, змінюють ієрархічну централізацію, зміщують фокус з вирішення поточних бізнес-завдань на формулювання та досягнення довгострокових цілей розвитку [19]. Одним із основних факторів забезпечення необхідного рівня розвитку є саме поступова управлінська та процесна трансформація економіки інтелекту. Проблема забезпечення стабільності макроекономічної динаміки України в умовах посиленого переходу до глобалізації постає особливо гостро в умовах нестабільності соціально-економічних систем та нерівномірності компонент та складових розвитку [3, 7].

Актуальність комплексних досліджень стійкості розвитку складних ієрархічних систем (СІС), запровадження ефективного інструментарію, що дозволяє комплексно оцінювати поточний та прогнозований стан ключових показників розвитку на мікро-, макро- та мезорівнях, розкривати внутрішні та зовнішні взаємозв'язки, що допоможе оцінити ступінь стабільності та швидкість розвитку системи та призведе до якісних управлінських змін, призначених для підтримки пріоритетних сценаріїв розвитку [6].

В умовах глобального кризового процесу та нелінійного характеру взаємозв'язків та інтенсифікації процесу відбувається глобальна трансформація в динаміці розвитку ієрархічної інтеграції, що призводить до виникнення однієї з найгостріших проблем сучасного менеджменту – проблеми керованого векторного управління розвитком СІС, рішення якого забезпечить стратегічну конкурентоспроможність та її адаптивну дифузію в невизначеному та випадковому зовнішньому середовищі, базується на встановленні відповідних цілей її розвитку та розробці ефективних систем

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

управлінського впливу за рахунок просторових змін та продукування інноваційно-інвестиційних процесів в часі [11, 19]. Актуальність даного питання також полягає в тому, що зміни внутрішнього та зовнішнього середовища мають значний вплив на ефективність складних ієрархічних систем і теоретико-методологічні положення управління змінами процесів потребують уточнення з урахуванням їх сучасних особливостей [1, 21].

Розглянемо аспекти моделювання складних ієрархічних систем в економіці інтелекту, актуальні для розвитку «розумної економіки» [20]. Тому на сучасному етапі національного розвитку посилення науково-технічної інноваційної діяльності є одним із вирішальних чинників коригування структури та прискорення економічного зростання [10]. Роль держави у формуванні інноваційної економіки є дуже важливою – вона має передбачати розробку стратегії переходу до інноваційної моделі розвитку на основі використання підходів смарт-процесів на всіх рівнях господарювання [15]. Вважається, що основним підґрунтям різноманітних проблем у розвитку промислових підприємств є не лише макроекономічні проблеми, а й серйозні неправильні оцінки та помилки внутрішнього менеджменту СІС [2]. Тривале ігнорування останніх призвело до неспроможності українських компаній сприймати та швидко впроваджувати нові бізнес-концепції, що ще більше погіршило серйозність ситуації в країні. Проведене дослідження дозволило виявити низку протиріч, які складають одну з актуальних проблем сучасного менеджменту бізнесу – проблему векторного цільового управління розвитком СІС [21].

Пропонується удосконалити систему управління розвитком СІС, враховуючи відповідні економічні закони, що визначають рівень розвитку процесів та систем, та деякі специфічні принципи, а саме: ієрархічність, координацію, повноту функцій та суб'єктність [27]. Взаємозв'язок між функціональною системою складної ієрархічної системи та системою її управління, підпорядкованістю системи управління, структурою виробничої системи, прозорістю процесу-функції перетворення, адекватністю інформації, забез-

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

печенням соціальної безпеки суб'єктів трансформації [18]. Систему управління інноваційною діяльністю СІС пропонується розглядати як певний тип керованої, дієвої та життєздатної системи, в якій національний орган управління є елементом верхнього рівня, регіональний орган управління – органом управління другого рівня, а інноваційні підприємства є активними елементами, що посилюють інноваційну та інвестиційну діяльність, взаємодіють з виробничим процесом у процесі інтенсифікації та продукування інноваційно-інвестиційної діяльності [6, 8, 20].

У роботі пропонується дослідницький підхід до вдосконалення інструментарію розвитку СІС та їх взаємозв'язків з використанням ряду сучасних економіко-математичних методів і моделей [9, 12]. На рис. 1 представлено інструментальний базис процесної складової концепції моделювання механізмів розвитку СІС. Запропоновано алгоритм узгодження заходів трансформації процесів управління складних ієрархічних систем, що забезпечує загальну ефективність і гнучкість системи управління, а також дає змогу сформулювати та запропонувати пропозиції щодо координації управлінської поведінки в процесі інтеграції на засадах процесно-функціонального менеджменту [5, 15].

В рамках механізму прогнозування причинності в складних ієрархічних системах в економіці на прикладі проблемного моделювання запропоновано набір структурних базових моделей прогнозування для дослідження причинності в складних ієрархічних системах враховуючи негативний вплив зовнішніх чинників та ринкової конкуренції, процес ретроспективної та прогнозовної оцінки валютних курсів на основі таких методів, як динамічний фазовий аналіз, оцінка рейтингових інтегральних показників, нелінійне динамічне моделювання на прикладі швидких процесів, теорія катастроф, фрактальний аналіз, VAR/ECM – моделі та моделі нейронних мереж, ARCH/GARCH методи [12, 13, 20, 21, 27].

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ



Рис. 1. Інструментальний базис процесної складової концепції моделювання механізмів розвитку СІС

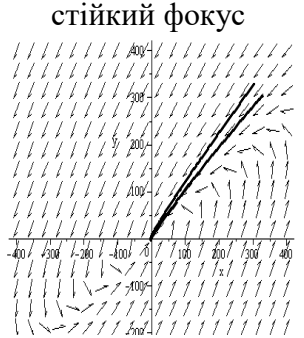
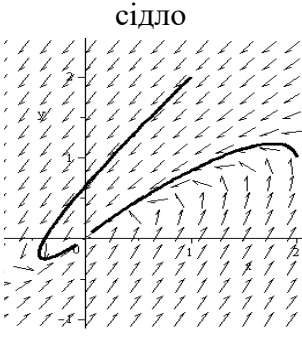
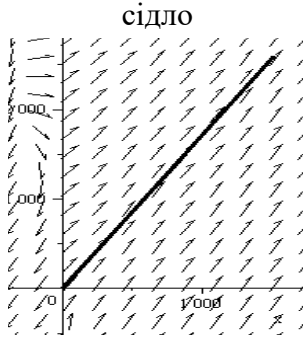
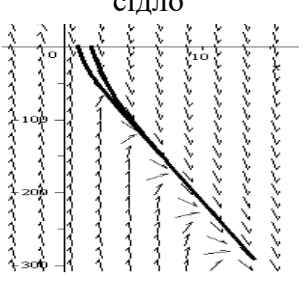


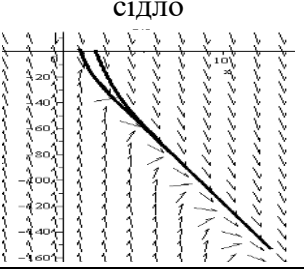
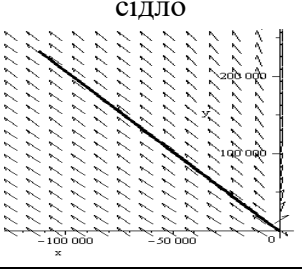

В роботі також зосереджена на розробку комплексу моделей для вивчення динаміки стійкості банківської діяльності. Використовується фазовий аналіз [18] для вирішення завдань оцінки, аналізу та прогнозування стану банківської системи. Підхід базується на взаємозв'язку та рівноважних станах ключових індикаторів розвитку. Для реалізації побудовано алгоритм,

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

який дозволяє отримати динамічні моделі фазової площини. Ці моделі описують взаємодію загального депозитного портфеля (DEP) та загального кредитного портфеля (KRED), загального фінансового результату (FR) та загального кредитного портфеля (KRED), а також загального фінансового стану (FR) і загального депозитного портфеля (DEP). Для отримки висновків використовувались результати власних розрахунків у програмному пакеті Maple (табл. 1).

Таблиця 1

Результати реалізації побудови моделей фазової площини для вивчення динаміки стійкості банківської діяльності

Модель	Період дослідження		
	(01.01.2001 – 01.01.2018)	(01.01.2001 – 01.11.2008)	(01.11.2008 – 01.01.2018)
	Тип стійкості		
Модель взаємовпливу сукупного депозиту та сукупного кредиту	стійкий фокус 	сідло 	сідло 
Модель взаємовпливу сукупного фінансового результату та кредиту	сідло 	невироджений нестійкий вузол 	нестійкий фокус 
Модель взаємовпливу сукупного фінансового результату та депозиту	сідло 	сідло 	нестійкий фокус 

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Даний підхід дозволяє більш детально вивчити взаємодію різних аспектів банківської діяльності та зрозуміти, як зміни в одному індикаторі впливають на інші. Сподіваюсь, що ці дослідження допоможуть покращити оцінку та прогнозування стану банківської системи, що є важливим для ефективного управління цим сектором.

$$\begin{cases} AP_DEP = a_0 + a_1 * KRED + a_2 * DEP; \\ AP_KRED = a_0 + a_1 * KRED + a_2 * DEP; \end{cases}$$

де AP_DEP – абсолютний приріст сукупного депозиту БСУ на момент часу t ;

AP_KRED – абсолютний приріст сукупного кредиту БСУ на момент часу t ;

$KRED$ и DEP – значення обсягів наявних на момент часу t сукупних кредитів та депозитів портфелів;

a_0 – вільний член (параметр);

a_1 та a_2 – коефіцієнти (параметри) моделі.

Отже, у системі рівнянь досліджуються різні типи точок рівноваги, які мають наступні особливості:

1. "Стійкий фокус" – траєкторії руху збігаються до положення рівноваги, в результаті чого спостерігаються затухаючі коливання.

2. "Нестійкий фокус" – траєкторії руху віддаляються від положення рівноваги, і рух має коливний характер з певною амплітудою.

3. "Нестійкий вузол" – траєкторії руху віддаляються від положення рівноваги, і рух має аперіодичний характер.

4. "Сідло" – точка, яка не є асимптотично стійкою. Залежно від напрямку руху, траєкторії можуть наближатися до цієї точки або віддалятися від неї.

Побудовані моделі конкуренції між системно важливими банками України, такими як ПриватБанк, Ощадбанк та Укресімбанк, для більш детального вивчення стану стійкості на основі показників зростання загального депозитного портфеля (рис. 2).

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

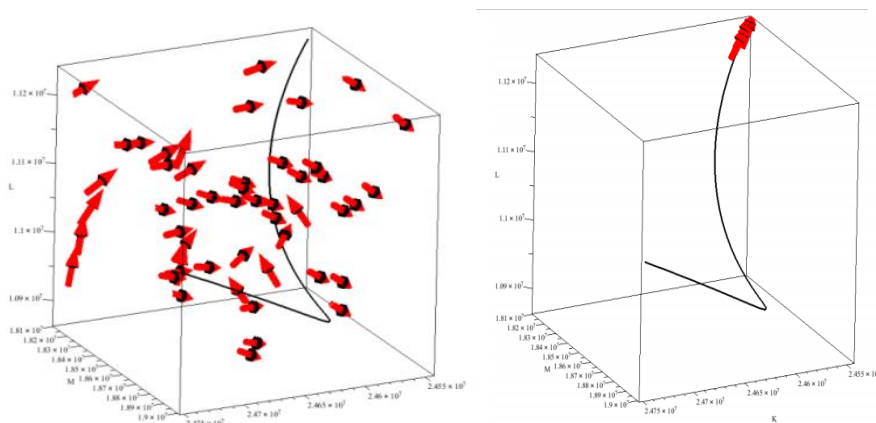


Рис. 2. Фазовий портрет в 3D просторі траєкторій системи за сукупним депозитним портфелем в моделі конкуренції

Таким чином, система спочатку наближається до траєкторії, а потім рухається біля неї до правого верхнього кута. Після досягнення цієї точки, починається стійка збіжність до фокуса системи. У цьому режимі система обертається по колу з маленьким радіусом, тип рівноваги в системі, який є стійким фокусом, означає, що траєкторії збігаються до певної точки рівноваги, і при цьому виникають затухаючі коливання, що підтверджує гіпотезу про встановлення рівноваги та поділу сегментів ринку між системно важливими банками України в стратегічному аспекті.

Розвиток систем обумовлюється як внутрішніми флуктуаціями, так і закономірностями та синергетичними ефектами, які виникають внаслідок швидкості процесів і сили взаємодій. В дослідженні було вивчено ці аспекти шляхом реалізації моделей виживаності та поширення кризових ситуацій, що виникають у банківському секторі України.

Для визначення тенденцій і прогнозування динаміки валютних курсів у системі управління конкурентоспроможністю було розроблено та апробовано інструментальний базис моделей, що дозволяє проводити діагностику системоутворюючих факторів розвитку СІС. За допомогою цих моделей здійснюється прогнозування точок виникнення кризових ситуацій на основі досліджуваних показників розвитку СІС [27].

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Впроваджено моделі для дослідження поведінки валютних курсів, використовуючи методи фрактальності та взаємозв'язку між валютними курсами та факторами, що впливають на їх формування. Це дозволяє отримати адекватні прогнози в системі управління конкурентоспроможністю СІС і сформулювати ефективну валютну політику.

На рис. 3 наведена схема методів дослідження динаміки валютних курсів, яка передбачає реалізацію трьох модулів, кожен з яких вирішує конкретну задачу дослідження. Ці модулі допомагають визначити тенденції та прогнозувати моменти виникнення кризових ситуацій у системоутворюючих факторах розвитку СІС.

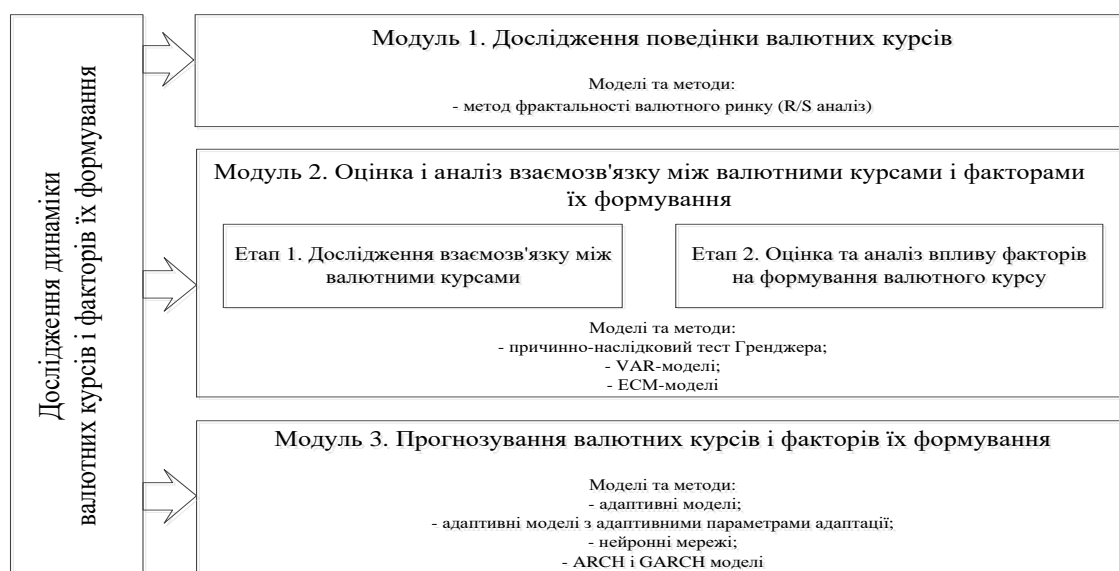


Рис. 3. Взаємозв'язок методів дослідження динаміки валютних курсів

У результаті імплементації цього інструментального базису моделей, отримуємо засоби для аналізу і діагностики системоутворюючих факторів, а також для прогнозування динаміки валютних курсів [25]. Це є важливим кроком у системі управління конкурентоспроможністю СІС, оскільки дозволяє ефективно формувати валютну політику та реагувати на кризові ситуації в банківському секторі України [25].

На основі ЕСМ – моделювання (моделей коригування помилки) досліджено взаємовплив валютних курсів і факторів їх формування. Моделі

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

коінтеграції (довгострокової взаємодії) валютних курсів і факторів їх формування дозволяють оцінити силу взаємодії цих показників, виявити фактори, що найбільше впливають на курс долара та євро, і на основі отриманої інформації приймати адекватні управлінські рішення, спрямовані на мінімізацію несприятливої зміни курсу та факторів на конкурентоспроможність підприємств. Коінтеграційне рівняння взаємозв'язку курсів валют і факторів їх формування:

$$\begin{cases} D(USD) = -1.33 * (USD(-1) - 0.48 * F2(-1) + 0.51 * F5(-1) - 1.40 * F7(-1)) - 32.65 \\ D(EUR) = 0.28 * (EUR(-1) + 1.49 * F2(-1) - 4.96 * F3(-1) + 10.83 * F4(-1) + 2.81 * F7(-1)) - 65.54 \end{cases}$$

F_1 – макроекономічні; F_2 – ринкові; F_3 – банківські; F_4 – фіскальні; F_5 – біржові; F_6 – провокуючі; F_7 – руйнуючі.

Коефіцієнти довгострокового взаємозв'язку свідчать про наявність вибухових ефектів у системі, отримані результати констатують, що на курс долара США найбільше впливають ринкові, біржові та руйнуючі фактори, на курс євро – ринкові, банківські, фіскальні та руйнуючі фактори.

На основі застосування моделей ARCH (1) та GARCH (1,1) розглянуто процеси волатильності валют, які дозволяють прогнозувати періоди нестабільності на валютному ринку, тобто моменти різких цінових рухів, на підставі яких робиться прогноз щодо підвищення або зниження вартості валюти.

Модель ARCH (1), що описує коливання курсу долара, має вигляд:

$$\sigma_t^2 = 0,00137 + 1,3219 * \varepsilon_{t-1}^2$$

Модель GARCH (1,1), що описує коливання курсу євро, має вигляд:

$$\sigma_t^2 = 0,000000169 + 0,035119 * \varepsilon_{t-1}^2 + 0,963672 * \sigma_{t-1}^2$$

Графік прогнозу умовної волатильності валютних курсів наведено на рис. 4.

Дослідження впливу валютного курсу на конкурентоспроможність підприємницьких структур (СІС) є інструментом прийняття рішень при виявленні факторів конкурентоспроможності, що найбільше залежать від

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

можуть зіткнутися територіальні СІС. Це важливо для прийняття ефективних заходів управління та стратегічного планування територіального розвитку.

Загальний підхід полягає в удосконаленні методології моделювання дифузійних процесів у економіці [22]. Це охоплює не лише оцінку і аналіз індикаторів соціально-економічного розвитку територіальних СІС, а й передбачення їхнього майбутнього стану та траєкторій. Даний підхід допомагає підприємствам і організаціям передбачувати та аналізувати ризики для розробки стратегій з метою запобігання можливим кризовим ситуаціям.

В цілому, використання моделей оцінки впливу курсів валют [28] на конкурентоспроможність підприємств та методологічного підходу до моделювання нестійкості територіальних СІС має великий потенціал в удосконаленні управління та прийнятті раціональних рішень для підприємств, що дозволяє більш глибоко розкласти динаміку економічного розвитку, виявляти проблемні області і розробляти відповідні стратегії для досягнення цільових орієнтирів розвитку.

Найбільш адекватна модель омбілічних катастроф типу «еліптична омбіліка» для досліджуваного періоду побудована на основі місячних даних (коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,83$)), що характеризує взаємозв'язок темпів зростання ВВП (Y) з темпами зростання рівня міграції (x_1) і темпами зростання рівня природного приросту (x_2). Загальний вигляд моделі катастрофи в канонічній формі такий:

$$Y = x_1^3/3 - x_1x_2^2 + 0,785(x_1^2 + x_2^2) - 3,669x_1 + 3,856x_2.$$

Проекцію поверхні катастрофи в 3D-просторі наведено на рис. 5.

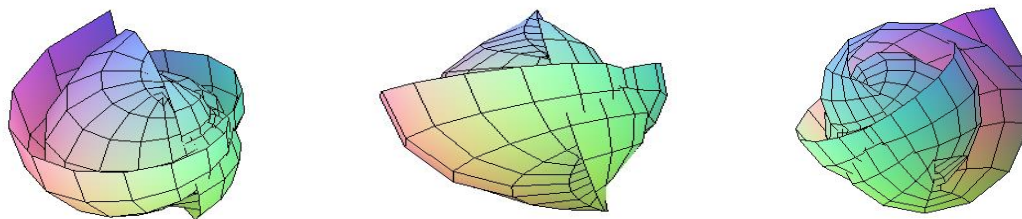


Рис. 5. Поверхня катастрофи взаємозв'язку ВВП, рівня міграції та природного приросту типу «еліптична омбіліка»

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Біфуркаційна множина катастрофи, що описується системою рівнянь, та її аналітичне рішення в ППП Maple, має такий вигляд (рис. 6):

$$\begin{cases} x_1^2 - x_2^2 + 1,57x_1 - 3,669 = 0 \\ -2x_1x_2 + 1,57x_2 + 3,856 = 0 \\ x_1^2 + x_2^2 - 0,616 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} & \text{solve}(x^2 - y^2 + 1.57 \cdot x - 3.669 = 0); \\ & \{x = x, y = 0.01000000000 \sqrt{10000 \cdot x^2 + 15700 \cdot x - 36690.}, \{x = \\ & \quad = -0.01000000000 \sqrt{10000 \cdot x^2 + 15700 \cdot x - 36690.}\} \\ & \text{solve}(-2 \cdot x \cdot y + 1.57 \cdot y + 3.856 = 0); \\ & \{x = \frac{0.001000000000 (785 \cdot y + 1928.)}{y}, y = y\} \\ & \text{solve}(x^2 + y^2 - 0.616 = 0); \\ & \{x = 0.04000000000 \sqrt{-625 \cdot y^2 + 385.}, y = y\}, \{x = \\ & \quad -0.04000000000 \sqrt{-625 \cdot y^2 + 385.}, y = y\} \end{aligned}$$

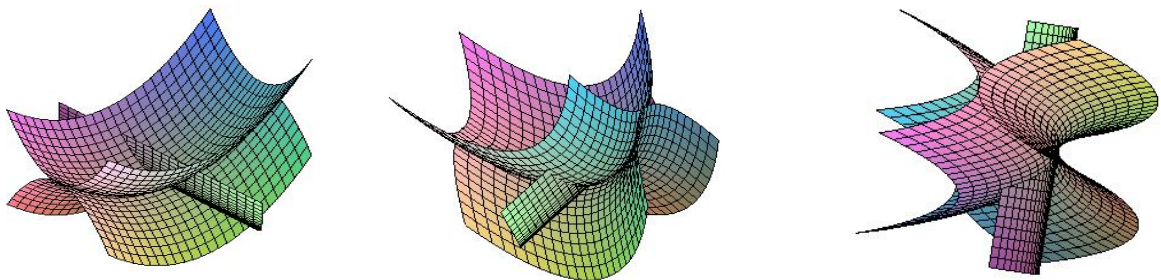


Рис. 6. Біфуркаційна множина катастрофи типу «еліптична омбіліка»

На рис. 7 наведено анімацію зміни поведінки системи при зміні керуючих параметрів.

На основі проведених розрахунків зроблено висновок про те, що траєкторія поведінки досліджуваних показників віддаляється від точок можливих катастрофічних переходів і не потрапляє до біфуркаційної множини, тобто на даному часовому проміжку динаміку поведінки показників можна вважати порівняно стійкою, незважаючи на ймовірність економічної кризи, ймовірність демографічної кризи на досліджуваному часовому проміжку відсутня. Доведено, що даний інструментарій дослідження дифузійних процесів в економіці та їхнього впливу на СІС на основі теорії

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

катастроф дозволяє визначити стратегію стабілізації та подальшого розвитку системи, якісний стан якої визначається асинхронними нелінійними тісними взаємозв'язками основних складових та їх значущих індикаторів.

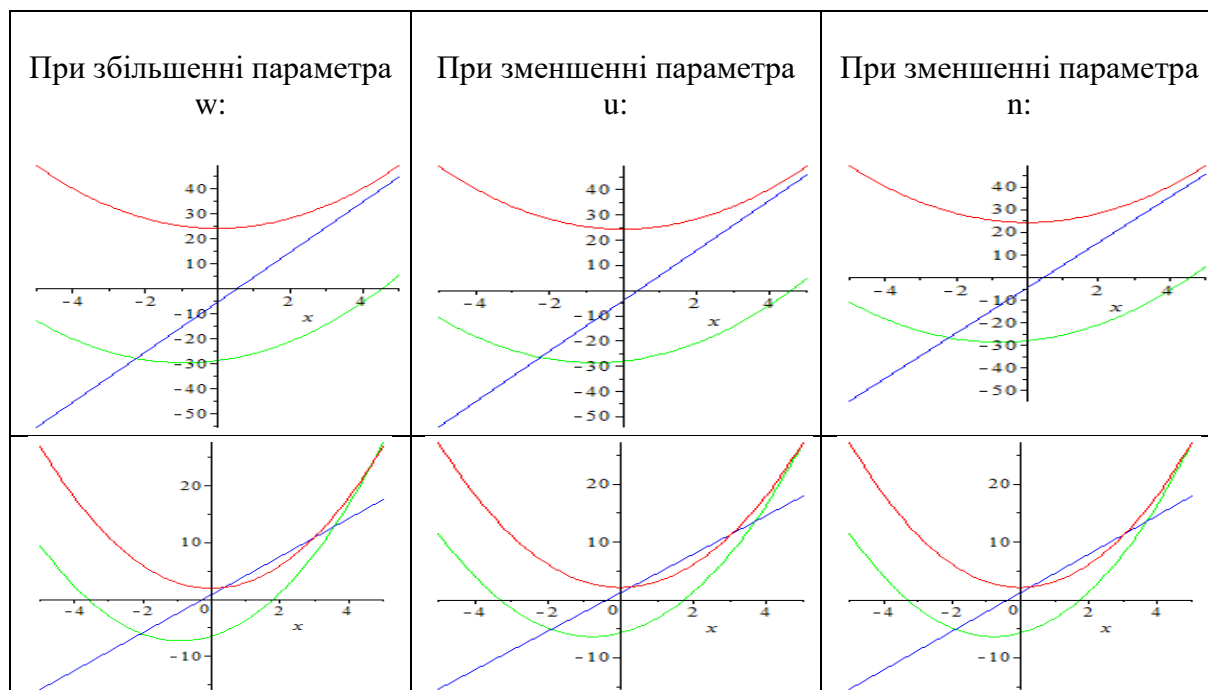


Рис. 7. Відображення покрокової анімації при зміні керуючих параметрів

Аналіз результатів інтеграційних тенденцій розвитку систем інформаційного забезпечення (СІС) констатує певні ознаки дифузійних процесів та їхнього впливу на кількісні, якісні і структурні зміни в системах різного рівня ієрархії [22]. Для моделювання конкурентоспроможності був розроблений системний сценарний підхід, який поєднує широкий спектр моделей. Однією з відмінностей цього підходу є врахування систематизованих взаємозалежних факторів зовнішнього середовища. Ці фактори розглядаються на різних рівнях, враховуючи їхню сутність, регулювання та пріоритетність. Основою для цього є синтез впливу потенціалу на маркетингову, фінансову і соціальну складові комплексної системи.

Таким чином, цільовою спрямованістю вдосконалення системи управління конкурентостійкістю підприємства є розробка та впровадження оптимізаційних моделей підвищення рівня конкурентостійкості підприємства в умовах нестационарного зовнішнього та внутрішнього середовища

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

[17, 27]. Сценарна модель управління конкурентостійкістю в роботі представлена у вигляді наступної системи:

$$Upr = \{ R, P, I, K \},$$

де R – множина наявних ресурсів підприємства за сферами конкурентоспроможності (потенціал розвитку); P – множина факторів впливу зовнішнього середовища; I – множина допустимих стратегій конкурентного розвитку підприємства; K – множина критеріїв досягнення цілей розвитку.

За умовами даної моделі здійснюється формування множини сценаріїв управління конкурентостійкістю, а саме: 1) сценарії розвитку; 2) сценарії розпізнавання ситуацій; 3) сценарії управління ситуаціями.

Основна мета даної моделі полягає у знаходженні альтернативних шляхів розвитку, які відповідають умовам ефективності. Отже, загальна задача оптимального сценарного управління конкурентоспроможністю в роботі має такий вигляд:

$$\begin{aligned} & \int_0^T M_x [F(R_s, P_i)] dt + M_x [(\bar{I}_{iT} - I_{iT})] \rightarrow \min \\ & R_s \leq f(\{I_{k_{it}}\}); \\ & P_i \leq f(\{F_{it}, E_{it}\}); \\ & S \in MS; \end{aligned}$$

де $M_x [F(R_s, P_i)]$ – сумарні інтегральні ресурси на реалізацію відповідної стратегії в умовах дії факторів зовнішнього та внутрішнього середовища; $M_x [(\bar{I}_{iT} - I_{iT})]$ – відхилення загального інтегрального показника конкурентостійкості від визначених оптимальних критеріальних значень локальних складових.

Агреговані результати за моделями оцінки конкурентостійкості підприємств машинобудування під впливом організаційно-управлінського потенціалу наведено на рис. 8.

Для вивчення впливу організаційно-управлінського потенціалу на загальний інтегральний показник конкурентоспроможності було використано

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

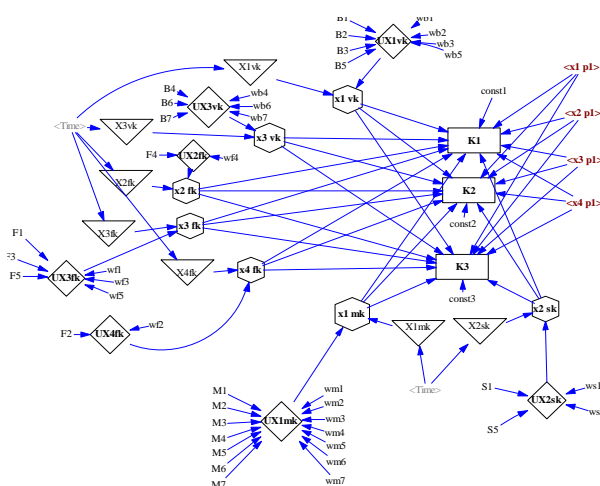
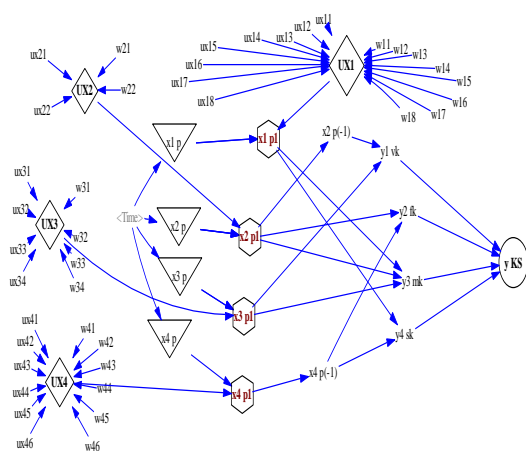
імітаційний сценарний підхід [28]. Цей підхід дозволив врахувати систематизовані взаємозалежні фактори організаційно-управлінського потенціалу, які впливають на маркетинг, фінанси, соціальну сферу та загальну конкурентоспроможність. Такий підхід дозволить оцінити кількісне та прогнозоване значення загального рівня розвитку конкурентоспроможності. Структура блоку імітаційної моделі впливу організаційно-управлінського потенціалу на загальний інтегральний показник конкурентоспроможності (у KS) наведена на рис. 9.



Рис. 8. Моделі двоаспектної оцінки впливу організаційно-управлінського потенціалу на конкурентостійкість підприємств машинобудування

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Структура блоку імітаційної моделі для оцінки прогнозованих значень класифікаційної дискримінантної функції загального рівня конкурентоспроможності наведена на рис. 10.



y_{1vk} – локальний інтегральний показник виробничої конкурентостійкості;
 y_{2fk} – локальний інтегральний показник фінансової конкурентостійкості;
 y_{3mk} – локальний інтегральний показник маркетингової конкурентостійкості;
 y_{4sk} – локальний інтегральний показник соціальної конкурентостійкості

Рис. 9. Блок моделювання впливу організаційно-управлінського потенціалу на загальний інтегральний показник конкурентостійкості (y_{KS})

Рис. 10. Блок моделювання прогнозних значень класифікаційної дискримінантної функції оцінки рівня конкурентостійкості

В основі моделювання сценаріїв розвитку конкурентостійкості лежать два базові напрями:

1. Прогноз розвитку ситуації за відсутності впливу на неї (саморозвиток ситуації).
2. Прогноз розвитку ситуації з обраним вектором управлінських впливів (пряма задача).

У роботі доведено, що інструментарій динамічного імітаційного моделювання [29], який покладено в основу дослідження дифузійних процесів (що за природою свого формування відображують синергетичні ефекти прояву сукупності даних), дозволяє вдосконалити методику прийняття рішень з формування, вибору та реалізації конкурентних стратегій розвитку

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

підприємств на основі генерації сценаріїв для визначення векторів пріоритетного розвитку забезпечення конкурентостійкості підприємств в умовах швидких динамічних процесів, що дозволяє змодельовати траєкторії поточних і прогнозованих значень.

У розробці тенденцій розвитку СІС у виробничій сфері, значно покращено аналітико-інструментальну основу для моделювання таких систем та їх передумов розвитку [31]. Підхід ґрунтується на вивченні впливів, можливостей і суперечностей, які виникають під час процесів трансформації виробничої системи у просторі та часі. Ці процеси включають зміну глобальних цілей функціонування та розвитку, а також формування модифікованих дисипативних структур, що сприяють переходу на нові атрактори розвитку [22, 23].

У роботі застосовано інструментарій моделювання динаміки показників при залученні фінансових коштів для отримання точних числових характеристик за основними показниками діяльності та майбутніх прогнозів з метою розробки превентивних управлінських заходів [24, 31]. Розглянуто модель виробничого підприємства за участю зовнішніх інвестицій як форми державної підтримки, модель динаміки з нелінійними виробничими функціями та модель виробничого підприємства, що залучає одноразовий кредитний ресурс. Залежності між основними змінними моделі виробничого підприємства представлені такою системою рівнянь:

$$P(t) = f \cdot A(t) \text{ – лінійна виробнича функція підприємства;} \quad (1.1)$$

$$M^{ob}(t) = (1 - c) \cdot P(t) \text{ – загальний прибуток без витрат виробництва;} \quad (1.2)$$

$$M(t) = M^{ob}(t) - N(t) \text{ – чистий прибуток без податкових відрахувань;} \quad (1.3)$$

$$N(t) = \tau_1 P(t) + \tau_2 k_{\lambda} (1 - \xi) M(t) \text{ – податкові відрахування;} \quad (1.4)$$

$$\frac{dA}{dt} = \xi M(t) + I(t) \text{ – приріст ОВФ;} \quad (1.5)$$

$$t \in [0, T]; \xi \in [0, 1]; k_{\lambda} \in (0, 1) \text{ – обмеження на коефіцієнти моделі,} \quad (1.6)$$

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

де $P(t)$ – випуск продукції в момент t у вартісному вираженні;

f – показник фондівддачі;

$A(t)$ – вартість основних виробничих фондів;

c – питома собівартість випуску продукції у вартісному вираженні;

$M^{ob}(t)$ – загальний прибуток підприємства;

$M(t)$ – чистий прибуток підприємства за вирахуванням податкових відрахувань;

$N(t)$ – сума податкових відрахувань;

τ_1, τ_2 – ставки оподаткування на обсяг випуску та прибуток відповідно;

ξ – частина чистого прибутку, що відраховується на реінвестування;

k_{\wedge} – коефіцієнт, що відображає частку реінвестованих коштів прибутку й оцінюваний статистичним шляхом ($0 \leq \xi \leq 1$);

$I(t)$ – зовнішні інвестиції, отримані на безоплатній основі.

Диференціальне рівняння (до якого зводиться система співвідношень (1.1 – 1.4)), має вигляд:

$$\frac{dA}{dt} = aA(t) + I(t), \text{ де } a = f\hat{a}. \quad (1.7)$$

Розглядаються три випадки динаміки інвестицій $I(t)$:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1) I(t) = I_0 = const; \\ 2) I(t) = \beta t; \\ 3) I(t) = B \exp\{\beta t\}. \end{array} \right. \quad (1.8)$$

Дані випадки відповідають можливим стратегіям фінансової підтримки:

- а) постійної – з фіксованими обсягами інвестицій для періодів;
- б) лінійно зростаючої – з темпом зростання інвестицій $\beta > 0$;
- в) зростання – із середнім темпом $\beta > 0$, але по нелінійному закону і з мінімальним рівнем гарантованої державної підтримки ($I(0) = B$ при $t = 0$).

У роботі реалізовано наведену модель дослідження динаміки капіталу підприємства в ППП Mathcad для заданої виробничої функції та з відомим коефіцієнтом капіталізації та вибуття капіталу.

Запропоноване дослідження впливу на конкурентоспроможність підприємств курсів валют, які формують їх валютний портфель, дозволить менеджменту виявити складові конкурентоспроможності підприємства, на які

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

найбільше впливає валютний курс, з'ясувати, наскільки зміниться конкурентоспроможність підприємства при зміні валютних курсів, і тим самим підвищити якість управлінських рішень з формування, вибору та реалізації стратегічних альтернатив розвитку конкурентоспроможності в умовах дії негативних факторів зовнішнього та внутрішнього середовища з урахуванням усієї сукупності взаємопов'язаних фінансово-економічних процесів [30]. *Проведене дослідження впливу валютних курсів на конкурентоспроможність металургійних підприємств дозволить прийняти необхідні рішення з управління конкурентоспроможністю в нестабільному валютному середовищі та запровадити ефективні заходи щодо мінімізації несприятливого впливу валютного курсу на конкурентоспроможність металургійних підприємств.*

Для оцінки сили впливу курсів валют на локальні індикатори конкурентоспроможності металургійних підприємств і на загальний рівень конкурентоспроможності підприємств у просторово-динамічному розрізі побудовано моделі панельних даних:

$$I_{it} = \mu_i + \beta_1 \times USD + \beta_2 \times EUR$$

де μ_i – значення фіксованих ефектів;

$\beta = \{\beta_1; \beta_2, \dots, \beta_3\}$ – вектор невідомих параметрів за умови, що ефект від зміни X є однаковим для всіх періодів часу $t = 1, 2, 3, \dots, T$; $i = 1, 2, 3, \dots, N$.

Структурна форма запропонованої моделі формування конкурентних стратегій розвитку металургійних підприємств [30] може бути представлена таким чином:

$$SC_{it} = \{I_{it}; F_t; E_t\},$$

де SC_{it} – стратегія управління конкурентоспроможністю підприємства в умовах впливу валютного курсу та факторів його формування;

I_{it} – комплексний загальний показник конкурентоспроможності i -го підприємства в t -й момент часу;

F_t – вплив факторів формування валютного курсу на конкурентоспроможність підприємства в t -й момент часу; E_t – прогнозований валютний курс в t -й момент часу.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Моделі панельних даних оцінки сили впливу валютних курсів на конкурентоспроможність підприємств:

I_1 – конкурентоспроможність продукції

$$I_1 = \mu_1 - 0,021 \times USD (R^2 = 0,972; F = 797,09)$$

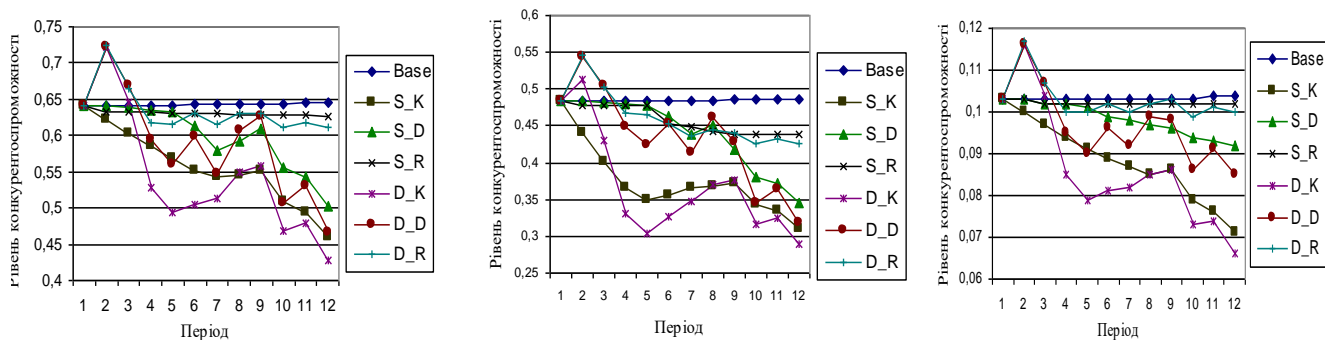
Загальний рівень конкурентоспроможності (I)

$$I = \mu_1 + 0,071 \times USD - 0,055 \times EUR \quad R^2 = 0,926; F = 725,68$$

Залежно від рівня конкурентоспроможності металургійних підприємств, впливу валютних курсів і факторів їхнього формування та прогнозованої динаміки валютного курсу сформовано три класи ситуацій: сприятливі; нейтральні; несприятливі. Залежно від означених ситуацій поведінка осіб, які приймають рішення, буде різною, що пояснює необхідність розгляду декількох альтернатив прийняття управлінських рішень [31]:

- 1) менеджер не приймає жодного рішення (реакція відсутня);
- 2) стандартні (типові) рішення (виявлені у процесі опитування менеджерів підприємств);
- 3) нестандартні, креативні рішення.

Імітаційні експерименти проведено для підприємств-репрезентантів кожного кластера, результати яких наведено на рис. 11.



а) ПАТ
«ММК ім. Ілліча»

б) ПАТ «Дніпровський
меткомбінат»

в) ВАТ «КМЗ
ім. Куйбишева»

Рис. 11. Вплив факторів валютного курсу на конкурентоспроможність підприємств з урахуванням типів управлінських рішень за реалізованими сценаріями

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Умови базового експерименту (*Base*) передбачали умовну стабільність валютного курсу, відсутність впливу факторів формування валютного курсу, відсутність управлінських рішень щодо підвищення конкурентоспроможності. За даних умов, наприклад, ПАТ «ММК ім. Ілліча» (репрезентант кластера з високим рівнем конкурентоспроможності) невеликими темпами нарощуватиме рівень конкурентоспроможності, навіть за відсутності спрямованих на це конкретних управлінських рішень. При регульованому рівні впливу факторів формування валютного курсу (*S_R*) рівень конкурентоспроможності підприємства в середньому за період на 1,6% нижчий рівня базового експерименту, при допустимому (*S_D*) – на 6,7%, при критичному (*S_K*) – на 13,4%. Отже, за даних умов при відсутності будь-яких управлінських впливів рівень конкурентоспроможності підприємства суттєво знизиться.

Запропоновані дослідницькі моделі виробничої сфери мають комплексний характер, тобто становлять сукупність відповідних блоків, для кожного з яких запропоновано математичний інструментарій і визначено напрямки використання результатів в межах механізму управління розвитком підприємства. Доведено гіпотезу дослідження, сутність якої полягає в можливості досягнення траєкторії розвитку, котра, при послідовному застосуванні системи запропонованих моделей розвитку, приведе до досягнутості мінімальної різниці між цільовими та реальними значеннями критеріїв ефективності системи, вибір яких нерозривно пов'язаний зі стратегією розвитку компанії в цілому.

В дослідженні інтегровані напрями моделювання процесів інноваційного розвитку систем інформаційних технологій (СІС) в трансформаційному середовищі з метою підтримки розвитку інтелектуальної економіки. Була розроблена концепція управління нестабільним взаємопов'язаним розвитком цих систем, яка враховує взаємодію функціональних, структурних і ієрархічних компонентів. Концепція покликана підтримувати постійний інноваційний прискорюючий розвиток, який відповідає поточній динаміці

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

складних систем і швидким змінам. Реалізація цієї концепції сприяє забезпеченню стратегічної конкурентоспроможності процесів і систем шляхом покращення якості і ефективності управлінських рішень щодо розвитку та їхнього впливу на інші складові інтегральної глобальної системи.

У роботі пропонується дослідження проблеми *віральності інноваційного розвитку* під іншим кутом і ракурсом – на рівні певної системи, що є певною невід’ємною частиною, пов’язаною в широкому сенсі із зовнішнім середовищем, значною мірою ним визначається і від нього залежить. *Отже, віральність – це здатність до поширення в інформаційному просторі відомостей маркетингового, політичного, технічного, технологічного або будь-якого іншого соціального характеру про який-небудь товар, послугу, технологію.* Тому дослідження поширення інновацій, як потенційно значущого інституційного вірального процесу, є особливо важливим та актуальним у період модернізації соціуму, коли глобалізація, з одного боку, і зміна вектора соціально-економічного розвитку – з іншого, породили недовіру та нерозуміння нововведень в одній частині соціуму та нестримне прагнення до змін – в іншій [17].

Пропонується механізм модельного проактивного управління інноваційною діяльністю складних ієрархічних систем (СІС), який включає послідовні етапи оцінки, аналізу, планування, прогнозування та регулювання інноваційної діяльності на рівнях СІС – мікро – регіон – держава [4, 6]. Для вирішення завдань цього механізму потрібна модельна підтримка, тому був розроблений комплекс моделей проактивного управління інноваційною діяльністю СІС.

У цьому комплексі моделей агрегація моделей оцінки й аналізу інноваційного потенціалу та результатів інноваційної діяльності соціально-економічної системи регіону (СЕСР) [16, 32]. Вони дозволяють порівняти результати інноваційної діяльності з потенціалом і зробити висновок про ефективність використання наявного потенціалу. Крім того, запропонована модель оцінки ефективності інноваційних проєктів підприємницько-виробничих структур (ПВС), яка використовує теорію нечітких множин та методи

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

розв'язання багатокритеріальних задач, дозволяє врахувати ризики на різних етапах життєвого циклу інновацій [4, 5].

Також розроблено комплекс моделей оцінки економічної ефективності інноваційної діяльності СЕСР, які базуються на панельних даних. Цей комплекс дозволяє оцінити ефективність використання ресурсів під час здійснення інноваційної діяльності і прогнозувати наслідки управлінських рішень щодо стимулювання інноваційної діяльності [24, 32]. Крім того, була розроблена імітаційна модель для реалізації різних сценаріїв стимулювання інноваційної діяльності СЕСР. Ця модель дозволила провести імітацію різних сценаріїв та оцінити їх ефективність з метою вибору найкращого сценарію стимулювання інноваційної діяльності регіональних систем за критеріями, такими як максимізація прибутку від здійснення інноваційної діяльності, максимізація кількості інноваційно-активних ПВС і максимізація приросту інтегральних оцінок результатів інноваційної діяльності СЕСР. Результати імітації дозволили визначити найкращі сценарії стимулювання для досліджуваних систем, секторів, структур і держави в цілому.

Отже, запропонований комплекс моделей і механізм проактивного управління інноваційною діяльністю СІС дозволяють ефективно оцінювати, аналізувати, планувати, прогнозувати та регулювати інноваційну діяльність на рівнях СІС – регіон – держава [32, 33]. Використовуючи цей комплекс, можна здійснити оцінку інноваційного потенціалу, результатів інноваційної діяльності, ефективності інноваційних проєктів та спрогнозувати наслідки управлінських рішень щодо стимулювання інноваційної діяльності.

Моделювання ризиків інноваційних проєктів у напрямі їх впливу на показники ефективності за сценаріями розвитку ситуацій, що передбачає реалізацію певних етапів моделювання, містить у собі оцінювання значущості часткових ризиків ІІ для інтегральної оцінки ризику. Кожному виду ризику на кожному етапі ЖЦП ставиться у відповідність оцінка p_t значущості даного етапу

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

та оцінка p_v значущості даного ризику для оцінювання сукупного ризику проєкту. Побудовано комплексну оцінку ризику ІІІ. Інтегральний показник ризику ІІІ $V^i(p_{vt}, \mu(v))$ розраховується за формулою:

$$V^i = \sum_{t,v} p_{vt} \sum_{j=1}^5 \mu_{vj}(\alpha_j),$$

де α_j – значення ризику залежно від схильності особи, що приймає рішення;
 $p_{vt} = p_t \cdot p_v$ – оцінка сукупного ризику етапу проєкту.

Отже, кожний сценарій розвитку інноваційного проєкту характеризується такою множиною критеріїв оцінки ІІІ:

$$Q^i = \{NPV^i, IP^i, IT^i, V^i\}, i = \overline{1, n},$$

де $NPV^i(de_i^t, dc_i^t)$ – чистий приведений дохід проєкту;
 $IP^i(de_i^t, dc_i^t)$ – індекс прибутковості проєкту;
 $IT^i(de_i^t, dc_i^t, T)$ – термін окупності проєкту.

Комплекс моделей дозволяє аналізувати ефективність та ризику проєкту, розглядаючи всі відповідні аспекти. Також оцінюємо ризику, пов'язані зі стадіями життєвого циклу проєкту, цільові ризику та можливі сценарії їх розвитку, враховуючи фактори зовнішнього середовища та схильність керівництва до ризику [32, 33]. Також визначаємо реальний стан показників ефективності інноваційного проєкту порівняльно в динаміці на основі трьохрівневої оцінки, яка враховує структурні елементи ризиків. Встановлюємо можливі та перспективні дедлайни та часові рамки для кожної стадії життєвого циклу проєкту, критичні шляхи та резерви, які допомагають досягти основної мети – підвищення рівня ефективності впровадження інноваційних проєктів.

Для передбачення ефекту впровадження інновацій у регіоні використовуємо модель інноваційної активності підприємств, яка розглядає поширення інновацій між підприємствами як імовірнісний процес, що виникає внаслідок їх взаємодії [4, 5]. Основна система рівнянь має наступний вигляд:

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

$$\begin{cases} \Delta S(t) = \left[-6.67 \cdot 10^{-6} \sigma_t + R(t) \left(\beta(t) + 1 - (1 - p_1)^{r \frac{I(t)}{N(t)-1}} \right) \right] \Delta t + \xi^S, \\ \Delta I(t) = \left[13.34 \cdot 10^{-6} \sigma_t + q \times R(t) - \gamma(t) \cdot I(t) \right] \Delta t + \xi^I, \\ \Delta R(t) = \left[\gamma(t) \cdot I(t) - 6.67 \cdot 10^{-6} \sigma_t - R(t) \left(q - \beta(t) + 1 - (1 - p_1)^{r \frac{I(t)}{N(t)-1}} \right) \right] \Delta t + \xi^R, \end{cases} \quad (1.9)$$

де $S(t)$ – кількість підприємств одного регіону, які сприйнятливі до інновацій (ПСІ) у періоді t , одиниць;

$I(t)$ – кількість інноваційно-активних підприємств регіону (ІАП), що є розповсюджувачами інновацій, одиниць;

$R(t)$ – кількість підприємств, які несприйнятливі до інновацій (ПНСІ) у регіоні, одиниць;

σ_t – обсяг коштів, спрямованих на стимулювання інноваційної діяльності регіону, тис. грн;

$N(t)$ – загальна кількість підприємств досліджуваного регіону, одиниць;

$\beta(t)$ – частка ПНСІ, що відновлюють сприйнятливість до інновацій;

$\gamma(t)$ – частка ІАП, що тимчасово несприйнятливі до інновацій;

q – частка ПНСІ, що переходять в ІАП за рахунок внутрішніх змін;

p_1 – імовірність розповсюдження інновацій;

ξ – можливі випадкові перешкоди в замкненій системі (виникнення нового ІАП, ПСІ, або ПНСІ для вхідних перешкод, ліквідація ПНСІ – для вихідних перешкод).

На рис. 12 зображено блок оцінки результатів вірального розвитку ІД, на рис. 13 – блок моделювання інноваційної активності підприємств регіону як складної СІС імітаційної моделі.

Таким чином, реалізовано загальну концепцію вірального інноваційно-інвестиційного розвитку на основі єдиної структурно-логічної системи оптимізації швидких динамічних процесів розвитку, що поєднала в собі фактори, напрямки, принципи та етапи, методи та прийоми, результати та можливі помилки оптимізації, та забезпечила комплексність дослі-

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

дження, дозволила врахувати повну множину аспектів, що в кінцевому підсумку дозволило підвищити швидкість і дієвість інноваційних процесів та якість функціонування СІС.

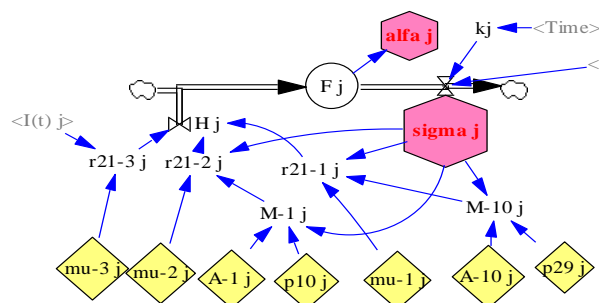


Рис. 12. Блок формування
результатів
вірального розвитку ІД

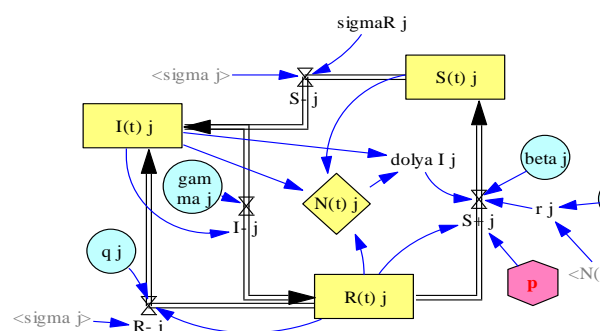


Рис. 13. Блок моделювання
інноваційної активності
підприємств

Для підвищення ефективності інновацій, їх швидкості, віральності та продукування в роботі здійснено перехід від ієрархічної до функціональної структури інноваційно-інвестиційних процесів з використанням методу кластерного аналізу з урахуванням зв'язків між елементами СІС. Для утворених груп інноваційно-активних підприємств (ІАП) та окремих СІС у цілому було здійснено оцінку показників ефективності на основі результатів побудови економетричних моделей, яка показала зростання рівня ефективності в середньому на 16% (табл. 3).

На основі отриманих результатів побудовано шестикутник формування оптимальних заходів управління інноваційно-інвестиційними процесами відповідно до загальної стратегії СІС і типу конкретних переваг, які продукують інновації, що дозволяє обрати відповідний з множини фінансово-мотиваційних, організаційно-мотиваційних або організаційно-мотиваційно-фінансових заходів.

Розроблена концепція моделювання механізмів розвитку СІС базується на уявленні про складний та динамічний характер процесів. Вона визнає необхідність використання комплексу механізмів розвитку для кожної з досліджуваних систем і підсистем, з урахуванням специфіки процесів на

**СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

різних етапах життєвого циклу. Цей підхід базується на інтегрованих критеріях ефективності, які враховують як кількісні, так і якісні показники, а також ступінь задоволеності стейкхолдерів. Для реалізації цих критеріїв використовуються методи та моделі функціонального, організаційного, мотиваційного та інституціонального управління.

Таблиця 3

Оцінка ефективності сценаріїв за імітаційними експериментами

Сценарій	Характеристика сценарію	Мета імітації управлінських впливів	Середній рівень зміни результуючих показників, %	Висновок за результатами експерименту
Розподіл відповідно до ІІІ	найнижчий рівень задоволеності результатом (60%)	Підвищити ефективність активності за рахунок фінансового стимулювання виконавця	5,55	Мету досягнуто
Розподіл відповідно до продуктивності виконання НТР	найнижчий рівень задоволеності результатом (60%)	Підвищити ефективність активності за рахунок скорочення часу її виконання для зростання рівня доступності виконавця	-5,89	Мету досягнуто за умови надмірного додаткового фінансування
Розподіл відповідно до продуктивності виготовлення ІІІ	найнижчий рівень доступності ресурсу (40%)	Підвищити ефективність активності за рахунок скорочення часу її виконання для зростання рівня доступності виконавця	-0,72	Мету не досягнуто
Розподіл відповідно до кількості ІАП	найнижчий рівень доступності ресурсу (60%)	Підвищити ефективність активності за рахунок фінансового стимулювання виконавця та скорочення часу виконання активності для зростання рівня доступності виконавця	-0,13	Мету не досягнуто
Пропорційний розподіл коштів між учасниками	найнижчий рівень доступності ресурсу (50%) та низький рівень задоволеності результатом (70%)	Підвищити ефективність активності за рахунок фінансового стимулювання виконавця та скорочення часу виконання активності для зростання рівня доступності виконавця	2,88	Мету досягнуто
Розподіл відповідно до прибутку ІАП	найнижчий рівень доступності ресурсу (40%) та низький рівень задоволеності результатом (65%)	Підвищити ефективність активності за рахунок фінансового стимулювання виконавця та скорочення часу виконання активності для зростання рівня доступності виконавця	0,12	Мету досягнуто за умови надмірного додаткового фінансування

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Теоретико-методологічне обґрунтування та апробація розроблених моделей і методичних підходів дозволили довести головну наукову гіпотезу дослідження про можливість наближення до оптимальної траєкторії розвитку за рахунок застосування системи механізмів цільового управління розвитком систем з урахуванням їх унікальності та складності. Отримані результати є теоретичним і методологічним підґрунтям для подальших досліджень у напрямі розвитку СІС в економіці щодо прискорення інтелектуального розвитку на засадах віральності інноваційно-інвестиційного процесів.

Висновки. На основі теоретичних положень інтелектуальної економіки, принципу управління процесними функціями та теорії управління сучасними складними системами запропоновано концепцію моделювання механізму розвитку складних ієрархічних систем на основі трансформації управління процесами та поширення інноваційно-інвестиційних процесів:

- розроблено та обґрунтовано впровадження концепції моделювання механізму розвитку СІС на основі трансформації процесів управління та дифузії інноваційних та інвестиційних процесів, яка базується на комплексних положеннях і принципах, що відображають два рівні дослідження – інтелектуальну економіку в умовах високого рівня невизначеності і випадковості середовища та нелінійний характер соціально-економічного процесу, рівень дослідження процесів керованого вектора розвитку шляхом реалізації їх у вигляді системи підтримки прийняття рішень, спрямованих на підвищення ефективності інноваційно-інвестиційної діяльності систем на засадах віральності управління розвитком;

- розроблено процесний компонент інструментальної основи в концепції моделювання механізмів розвитку СІС, заснований на причинно-наслідковому зв'язку, процесі дифузії та інноваційно-інвестиційному процесі фактичного розвитку, що дозволяє генерувати інформацію про умови, за яких СІС відіграє роль в активізації наукових та інноваційних дослідженнях, реструктуризації та прискоренні економічного зростання на основі упереджуваних управлінських рішень за відповідної поведінки;

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

- запропоновано концепцію моделювання механізмів розвитку, що базується на теоретичних положеннях економіки інтелекту, принципах управління процесними функціями та концепціях моделювання механізмів розвитку складної ієрархічної системи на основі трансформації процесів управління та дифузії інноваційних та інвестиційних процесів;
- імplementовано механізми, засновані на процесах самоорганізації, для вирішення проблеми взаємодії СІС із зовнішнім середовищем, який інтегрує складний інструментарій моделей для дослідження нестабільності траєкторій розвитку складних ієрархічних систем, і дозволяє робити висновки про ендогенні (самогенеровані) причини флуктуацій і біфуркацій, засновані на комплексній системі фазового, коінтеграційного і біфуркаційного аналізу, про можливість виникнення катастроф і криз, що дасть можливість заздалегідь прогнозувати кризові ситуації і пропонувати методи їх запобігання, знаходити комплексні шляхи для виходу з кризових ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бубенко П. Т. Стратегічне планування та управління інноваційним розвитком: теорія і практика. Бізнес Інформ №1-2016. С. 77 – 80
2. Вацьковски К. С., Гордиенко Л. Ю. Банк методов и моделей поддержки трансформационно-управленческих решений в социально-экономических системах –Проблеми Економіки №2-2012. С. 38 – 42
3. Іванов Ю. Б., Капустник С. К. Економічні експертизи стратегічних рішень у системі стратегічного управління розвитком підприємств. Бізнес Інформ №9-2015. С. 409 – 414
4. Манойленко О.В., Сергієнко О.А., Гапоненко О.Є. Моделювання інноваційної активності ієрархічних систем: оцінка дифузії та економічного ефекту наявного потенціалу та результатів. Проблеми економіки. – Харків:, ВД «ІНЖЕК», 2020. – №1(43). – С. 312–324 Джерело: https://www.problecon.com/article/?year=2020&abstract=2020_1_0_312_324
5. Манойленко О.В., Сергієнко О.А., Касьмін Д.С. Моделювання розвитку складних ієрархічних виробничих систем на засадах процесно-функціонального менеджменту. БізнесІнформ. – Харків: ВД «ІНЖЕК», 2019. – № 12 (503). – С. 384–395. Джерело: https://www.business-inform.net/article/?year=2019&abstract=2019_12_0_384_395
6. Сергієнко О.А. Аналітико-прикладний інструментарій розвитку складних ієрархічних систем: моделі оцінювання, аналізу та управління: монографія. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 460 с.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

7. Сергієнко О.А., Мащенко М.А., Баранова В.В. Моделювання нестійкості розвитку складних ієрархічних систем. Проблеми економіки. – 2021. – №1 (47). – С. 143–154. Джерело: <http://icaictsee.unwe.bg/>
8. Сергієнко О.А. Оцінка та аналіз впливу рівня інноваційності на темпи економічного розвитку підприємств / Сергієнко О.А., Братков М.О. // Підприємництво, торгівля: теоретичні підходи та практичні аспекти : матеріали І МНПІК (Старобільськ, 27–28 листопада 2018). – Старобільськ, 2018. – С. 29–33. Особистий внесок здобувача: побудована множинна економетрична модель (0,3/0,2 д.а.)
9. Ткачова С.С. Еволюція процесного підходу до операційної та управлінської діяльності підприємств. Вісник СумДУ. Серія «Економіка». 2012. № 2. С. 68–74
10. Andriushchenko, I. Ye. (2017). Formation of viability of industrial enterprises: monograph. State Higher Educational Institution of Azov State Technical University. Mariupol: PDTU.
11. Anisimova, L.A., Balan, V.G. (2011). Modeling the process of formation and selection of enterprise development strategies. Bulletin of the University of Kiev, 128, 24-27.
12. Ansof, H. I. (1970). Corporate Strategy. Penguin Books Ltd.
13. Banerjee A., Kumar R. Management of complex systems using a hybrid simulation approach. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9158838/>
14. Burke L. J., Van de Ven E. S. J. Complexity theory and management practice: advancing a conceptual framework for understanding and managing complex organizations. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4319>
15. Iastremska O. Investment and innovative development of industrial enterprises as the basis for the technological singularity / O. Iastremska, H. Strokovych, O. Dzenis, O. Shestakova & T. Uman // Problems and Perspectives in Management. – 2019. – Vol. 17. – Is. 3. – P. 477-491.
16. Iastremska O., Martynenko M. Priority directions of investments into development of the systems of organizational knowledge of industrial business entities. Investment Management and Financial Innovations. – 2015. – Vol. 12. – Is. 3. – P. 80 – 92.
17. Lepa R.N., Okhten A.A. & Prokopenko R.V. (2016). Management of the development of industrial enterprises in the context of neo-industrialization: mechanism, models and methods: monograph. NAS of Ukraine, Institute of Industrial Economics. Kiev. Retrieved from https://iie.org.ua/wp-content/uploads/monografiyi/2016/2016_mono_Lepa_Okhten_prokopenko2016.pdf
18. Lorscheid A., Meyer H., Troitzsch K. Agent-based modeling of complex systems: a review. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10458-022-09524-9>
19. Pogorelov Y.S. (2010). Assessment and modeling of enterprise development. monograph, Lugansk, 512
20. Prokopenko M., Kivilä J. Complexity management in project-based organizations: a systematic literature review. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786320305097>
21. Raevneva O.V. (2006). Enterprise development management: methodology, mechanisms, models: monograph. Kh.:VD INZHEK, 496.

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

22. Rahman M., Wang Y. L. Innovation and complexity management in supply chain networks: a conceptual framework. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969698919314718>
23. Saha S., Saha S. Management of complex systems in Industry 4.0: a review of current approaches and future directions. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621007929>
24. Saha S., Saha S. Modeling and analysis of complex systems: a review of methods and tools. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815219311287>
25. Sergienko O.A., Lyashenko V., Bilotserkivskyi O. New Data from Wavelet Analysis on the Dynamics of Changes in the International Currency Market // International Journal of Academic Multidisciplinary Research (IJAMR) ISSN: 2643-9670 Vol. 6 Issue 6, June – 2022, P. 61-68 Retrieved from <http://www.ijeais.org/ijamr/index.php/ijamr-6-6-2022/>
26. Sergienko O.A., Rudenko D., Zeleniy O., Lyashenko V Model for Predictive Analysis of International Trade Based on the Dynamics of Stock Indices (Example of Data from the USA, Canada and UK) // International Journal of Academic and Applied Research (IJAAR) ISSN: 2643-9603 Vol. 6 Issue 4, April - 2022, P. 337-344 Retrieved from <http://ijeais.org/wp-content/uploads/2022/4/IJAAR220429.pdf>
27. Sergienko O. Enterprise financial security threats: identification, assessment and forecasting models / Сергієнко О.А., Татар М.С. // Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем. Матеріали Х МНПІК (Харків, 5–6 квітня 2018). – Харків, 2018. – С. 67–70.
28. Sergienko O. Modeling of threats to enterprise financial security / Sergienko O.A., Tatar M.S. // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей ХХVII МНПІК MicroCAD–2019: у 4 ч. Ч. III. (Харків, 15–17 травня 2019). – Харків, 2019. – С. 75.
29. Shafiee M., Topcu M. Sustainable management of complex systems: a systems thinking approach. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815219308805>
30. Tatar M., Sergienko O., Kavun S., Guryanova L. Complex Of Management Models Of The Enterprise Competitiveness For Steel Industry In The Currency Instable Environment. Ikonicheski Izsledvania / Economic Studies, 2017. – Vol. 26(5). – P.102–124.
31. Tsopa, N.V. (2010). Industrial enterprise development management: methodology, models, methods: monogr. NAS of Ukraine, Donetsk-Simferopol, IT ARIAL,
32. Zhao S., Zhao X. Innovation management in complex systems: a conceptual framework for understanding and guiding innovation processes. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815219304929>
33. Zhang J., Liu X., Wu Y. Development of complex systems using the active viable systems approach: a case study of a smart city project. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877050919313217>

2.9. Risks for local public transport in the modern challenges for transport industry

Introduction

The growing world population and the desired continuous economic growth increase the need for infrastructure and mobility,¹ while at the same time the climate crisis is a major global challenge. This is why possibilities for reducing emissions are being developed globally and why the European Union has set the goal of reducing CO₂ emissions by 40% by 2030 compared to 1990.²

In this context, the transport sector plays a crucial role, as it accounts for a significant share of greenhouse gas emissions. This is why the environmental impact must also be reduced for this market. At the same time, the demand for mobility is increasing, which is why a sustainable transport offer must be positioned. This offer on the mobility market is composed of private transport, public transport and private non-public transport and can be differentiated as part of the basic supply under subsidies or without subsidised tariffs, or in long-distance and local transport. This basic transport service is provided by road, water, rail and aerial cableways and can be divided into local and regional transport, or long-distance and local transport. Private non-public transport in the mobility sector is characterised by means of transport such as cable cars, ski lifts and excursion boats and is essentially limited to leisure activities and offers.³

The overall offer is being changed by innovations in the car industry, i.e. individual transport, but also by new technologies in rail transport, and yet the existing infrastructure is increasingly reaching its limits, which in turn calls for capacity expansions. More mobility, sustainable growth and reduced CO₂ emissions in the long term should help to reduce emissions and lower energy requirements, because the premise of making transport more sustainable is indispensable,

¹ cf. (Woetzel, 14.06.2016)

² cf. (Nachhaltigkeitsbericht, 2020)

³ cf. (Aufgaben und Zuständigkeiten - Öffentlicher Personennahverkehr als allgemeine Daseinsvorsorge, 2023)

as one article states: "The energy transition is unthinkable without a transport transition."⁴

Furthermore, the increasing level of digitalisation, also due to the transport market, requires the expansion of telecommunications infrastructure such as fibre optic cables and mobile phone masts. In addition, a modern infrastructure is an important location factor for companies and the economy and can contribute to a country's competitiveness. Investments in infrastructure can also boost economic development and create jobs.^{5 6}

Studies show that a 53% reduction in CO₂ emissions from transport by 2030 can only be achieved with optimised and sustainable services and considerable financial resources. This is why innovations for public mobility services with high energy efficiency and the lowest possible capacity utilisation, such as low land consumption for capacity expansions, must be efficiently used and focused. New technologies such as on-demand transport or electric mobility increase the sustainability and efficiency of the service and enhance the individuality of today's mobility. Corona-induced long home office phases, short-time work or school closures led to a decline in mobility. Which is why, despite a slight increase in demand after the pandemic, changed needs can be assumed.⁷

Since consumption is generated on the basis of needs, which are subjective and difficult to analyse, the offer must fulfil these needs in order to generate these decisions for public transport and maximise demand. For this, sustainability trends, social requirements, quality requirements, the Corona pandemic, the mobility change and also the developments on the mobility market have to be taken into account, which currently make consumers rethink their own mobility behaviour, but also their lifestyle.⁸

⁴ cf. (Schafft Deutschland so die Verkehrswende?, 2022)

⁵ cf. (INVESTMENT REPORT 2018/2019, 2019)

⁶ cf. (Bank, 2018)

⁷ cf. (Global Economic Prospects, 2020)

⁸ cf. (Der Rhein-Main-Verkehrsverbund, 2023)

Local public transport is favoured, among other things, for environmental reasons in Germany or Austria, through subsidies and tax advantages for the consumer, in order to increase its attractiveness for the end customer, to advance the mobility turnaround and political goals.^{9 10}

This is because only attractive, efficient and environmentally friendly alternatives can provide incentives to reduce individual car use. A central component of political and economic activities is therefore the promotion of local public transport to achieve the climate goals for the market, as well as in general.¹¹

Goals

Accordingly, local public transport is facing many challenges and changes that need to be overcome. Innovations have the potential to fundamentally change markets and create new opportunities, but also risks. As a result, the focus must be analysed on the use of disruptive innovations to improve the offer, but also to increase attractiveness and shift demand. This concerns the assessment of new technologies such as electric mobility, hydrogen drives or on-demand transport in local public transport in order to be able to use them in a targeted manner to increase attractiveness and achieve a change in mobility habits. Furthermore, accessibility, bicycle transport and the linking of different mobility offers and the quality of the offer must be pursued. The overall objective is to compile a comprehensive evaluation of the innovations that influence local public transport, to derive opportunities and risks from them and to present them.

In doing so, the innovations on the transport market are assessed for usability in local public transport by categorising them within the framework of surveys. These criteria evaluate the change of the innovations when introduced to the product or service and are further categorised into essential needs of the customer such as price, punctuality or quality. These criteria are also used in the analysis of demand in the form of customer analysis, which combines ticket sales with market research findings. On the basis of these common criteria, the combination of both

⁹ cf. (Klimaschutz im Verkehr, 2023)

¹⁰ cf. (Klimaschutz im Verkehr, 2023)

¹¹ cf. (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Weiterentwicklung 2021)

fields of research and presentation of the opportunities and risks of the main innovations for local public transport makes it possible. By evaluating the aspects, one presents, among other things, positive factors, which at the same time can result in potential opportunities. At the same time, negative evaluations of the aspects can also identify potential risks.

By combining the analyses and presenting the opportunities and risks of the innovations, approaches for action and recommendations can be derived, for example, to make local public transport fit for the future and to maximise the benefits for society. The research objective is thus to compensate for demand needs through the potential of the innovations, which could be, for example, sustainable or efficient mobility in urban areas, thereby demonstrating possibilities for the design of innovative, effective and sustainable mobility in urban and rural areas.

Methodology

The methods of empirical research to answer the research question should be analysed using a mix of methods, both qualitative and quantitative research methods. Quantitative research aims to collect as many results as possible to present statistics that are as representative as possible. Accordingly, few open questions are formulated and work is done with selection questions in the form of closed questions. This form of data collection is called a structured interview and is used to analyse customer needs. The qualitative part of the research continues the quantitative approach and tests the results through expert interviews. The critical examination is to be applied through open questions in interviews. Openly formulated research questions are typical for this method.

Finally, opportunities and risks for the sector are to be presented as recommendations.

The exemplarily mentioned characteristics are then analysed by evaluating the distribution, dispersion etc. as well as under the hypotheses. Descriptive descriptive statistics, for example, evaluates frequencies in relation to the sample size. Thus, findings on the location of values within the sample are described by different weighting of mode, median and mean.

Furthermore, additional hypotheses can be formulated for publications in journals. For data analysis and empirical investigation of the hypotheses, multivariate regressions can be carried out on the basis of the Ordinary Least Squares (OLS) principle. In this process, the descriptive analysis represents the collected data. In the second step, inductive statistics are used to analyse and then interpret the results.

Analysis innovations

The innovations of the transport industry will be analysed through a technological analysis in expert interviews. Here, the main innovations for local public transport are to be worked out in various interviews.

As a first step, the identification of relevant technology trends is described, which includes a list of all innovations on the market, such as electric drives, on-demand transport, autonomous driving and Mobility-as-a-Service (MaaS). Subsequently, the evaluation of the impact of the innovations when introduced in local public transport is examined and evaluated with regard to the offer, categorised into service and service and other. Furthermore, the financial feasibility, infrastructure, introduction period and an own assessment are critically questioned here within the framework of the interview. The innovations are evaluated by the interview with points in order to assess the feasibility. Competitor analyses are then presented to compare whether the innovation has already been implemented in other areas, and recommendations for action are derived and a ranking of the most important innovations for local public transport is created.

An example of an innovation could be electric mobility or on-demand transport. For this, the offer should be evaluated, but also the advantages and disadvantages for the customer within the framework of the interview. Electric mobility is already successfully marketed in private transport and is also already used in local public transport, so the question is whether an area-wide expansion would make sense for the company and for the market and whether the customer has significant advantages here. The answers to the open questions of the interviewees are compared manually and the closed questions via the stored 5-point system.

For example, the benefits for the customer in terms of price or service are to be assessed as much higher, somewhat higher, unchanged, reduced and significantly reduced.

From the customer's point of view, the advantages that the interview partners are asked to assess for electric mobility in local public transport could be environmental friendliness. This is because electric buses have no direct emissions compared to conventional combustion engines and contribute to the reduction of air pollution and greenhouse gas emissions. Another aspect could be noise reduction, as a positive aspect of electric buses for the customer, as they do not have a loud combustion engine and are correspondingly quiet. This makes for a more pleasant and quiet environment for passengers and residents along the bus routes, especially in cities and residential areas. Another advantage of electric mobility in public transport from the customer's point of view could be the improved air quality due to the lower exhaust emissions, or the lower operating costs, which can be achieved by using electric vehicles.

Analysis demand

Today's mobility landscape is shaped by a variety of influences and trends that affect people's behaviour in terms of their means of transport and lifestyle. One of the major developments is the ongoing urbanisation, with more and more people living in cities. This leads to a higher demand for efficient and sustainable transport options. The variety of options will be analysed through a quantitative empirical research method to analyse the behaviour in the transport sector and answer the main research question "What are currently the most important innovation needs of customers when choosing their means of transport in the Rhine-Main region?". Therefore, the main objective of the research is to analyse the current needs of customers when choosing their means of transport to work in Germany in recent years including the Corona crisis. Furthermore, the research objective is to present the main influencing factors on transport mode choice in Rhine-Main in the last 5 years by addressing further research objectives. Thus, the secondary research is to analyse the main influencing factors on consumers'

transport mode choice by results of market analyses. In addition, the selected needs are to be determined by payment method and sales technique on innovation friends and the most frequently used means of transport (narrowed down to bus and train). Another research objective besides innovation needs is to investigate the importance of sustainability for consumers' choice of transport mode.

The Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV) as a public transport company that has been coordinating and organising local public transport together with various transport companies in the Rhine-Main region since 1995. As a player in local public transport, RMV has a special social responsibility. Its goal is to ensure mobility through an integrated transport network in the Rhine-Main region, while also taking social and ecological aspects into account. This includes, in particular, the provision of barrier-free local public transport to enable people with physical disabilities to enjoy unrestricted mobility. RMV is also committed to the integration of refugees and migrants and offers special training and services. In addition, the transport association attaches great importance to environmental protection and sustainability. For example, it operates a large number of on-demand, hybrid and electric vehicles and is increasingly relying on renewable energies at its operating sites.¹²

The expansion of bicycle transport and the promotion of carpooling are also important components of RMV's sustainability strategy. Overall, RMV as a player in local public transport is an important factor for social responsibility in the region and actively promotes sustainable and socially acceptable mobility.^{13 14}

The available ticket sales data of the RMV, which contain 27 different criteria on ticket sales, are analysed statistically in order to develop hypotheses and make forecasts.

Among other things, the data contains a two-digit numerical code to identify the sales technology used. Furthermore, the number of tickets sold is presented. It is possible to buy more than one ticket, but purchases should be

¹² cf. (RMV gewinnt internationalen Nachhaltigkeitspreis für On-Demand-Angebot)

¹³ cf. (Der Rhein-Main-Verkehrsverbund, 2023)

¹⁴ cf. (Scheer, 2020)

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

shown separately if possible in order to avoid mixed ticket purchases, so this value is usually 1. This value also only represents integer values and can, however, be significantly larger if tickets of the same type are sold. Here, cancellations or partial cancellations are also recorded as a negative number, which can also be used for evaluation purposes and in the context of hypotheses. Price levels, value dates, sales times but also routes are stored here. For analysis purposes, the digital payment methods can also be evaluated, and a payment can be represented by several payment methods. The total turnover of the ticket sales according to the RMV price list for the standard price, the customer charge for subsidised tickets or the price according to the contractual agreement with the customer. Always indicate the total turnover for all tickets of this one cancellation or sales transaction. In the field Turnover, the monetary value of the tickets sold by the company in the sales period is to be reported and indicates a price. Special tickets, such as annual season tickets sold by subscription, are shown separately and can be evaluated accordingly. Cancellations and partial cancellations of individual tickets are to be entered with a negative value. There is no space between the minus sign and the number. The field must always be supplied with two decimal places, even if these end in 0 or 00.¹⁵

In addition to turnover, the amount of subsidies and other criteria are also stored and can be analysed. Another aspect that can be analysed are the various campaign tickets, for example with a social background. The political decision-makers are responsible for the design of the framework conditions and the provision of financial resources, but also for the accessibility of local public transport for a large part of the population, i.e. also for socially responsible action in local public transport as well as for corresponding tickets.^{16 17}

One example is the German government's climate package, which came into force on 1 January 2020 and includes, among other things, the reduction of VAT on rail tickets and the promotion of electric buses. Cities and municipalities

¹⁵ cf. (Datenmeldungen ÖPNV, 27 Felder Matrix zur Datenmeldung, 2023, S. p. 34 cont.)

¹⁶ cf. (Nachhaltigkeit in der Branche des öffentlichen Verkehrs)

¹⁷ cf. (Handlungsoffensiven für die Mobilitätswende)

also have an important role in promoting socially responsible action in local public transport. For example, they can promote the expansion of local public transport by investing in infrastructure and providing financial support for local public transport.¹⁸

Another important aspect is the cooperation between the different actors in local public transport, such as the transport companies and the authorities. Through close cooperation, common goals and measures can be developed and implemented to make local public transport more socially and ecologically sustainable.¹⁹

An important social offer initiated by politicians during the pandemic is the 9-Euro-Ticket. This was introduced as part of the Relief Package II as a monthly ticket for 9 euros valid throughout Germany. The ticket was offered in the months of June-August 2022 and put all existing customers (season ticket holders, holders of semester tickets and student tickets, etc.) on an equal footing. The offer intended to create awareness for local public transport in society, to attract and retain customers in the long term. The overarching national communication activities of the transport companies and associations particularly promoted the offer, which was also perceived internationally as innovative, social and sustainable.²⁰

At the beginning of 2023, according to a press release, the state of Hesse presented to the management of the Hessian associations its intention to introduce a state-wide ticket at a price of 31 euros per month for recipients of Bürgergeld, Wohngeld Plus or Sozialhilfe (benefits according to SGB II and SGB XII) as well as for those entitled to benefits according to the Asylbewerberleistungsgesetz (AsylbLG) in Hesse. The associations were asked to examine the implementation and the costs involved. The state stated that the number of eligible persons throughout Hesse would be 400,000 and that the available state funds would amount to 15 million euros per year. The provisional ticket name given by the state was "Hessenpass mobil". To this end, the associations agreed on the requirements for

¹⁸ cf. (Verkehr in Zahlen, 2022)

¹⁹ cf. (Klimaschutz im Verkehr, 2023)

²⁰ cf. (Bundestag beschließt das Neun-Euro-Ticket, 2022)

such a ticket, the possibilities for implementation and the basis for calculation. The result was presented to the state of Hesse on 27 January 2023, which advised the introduction of the ticket in summer 2023.²¹

The „Deutschlandticket“ (also known as D-Ticket; Translates ticket for Germany), which was announced by the Federal Government as part of the 3rd relief package as a nationwide subscription product at an introductory price of 49 euros per month, also affects financing and increases the need for funds.²²

Other discounted ticket offers for special target groups are the flat offers such as the ticket for pupils, senior citizens and state employees in Hessen.²³

These promotional tickets, both during Corona and afterwards, are to be evaluated in particular, as these groups of people may have different needs for local public transport, i.e. customers with annual season tickets, or even premium customers who have 1st class tickets, which is why differentiated analysis is required here.

This market research data can be used to show which target group prefers the various criteria that can be analysed and thus the needs can be included in the research.

The market research data is collected twice a year in summer and autumn and analyses the users or distribution channels. Passengers also evaluate the service, the product and the infrastructure by assigning grades. The survey also includes reliability, comfort and cleanliness, friendliness and helpfulness of the staff, provision of information, safety, ticketing and payment systems, or accessibility and barrier-free access. One of the most important components also for the analysis is customer satisfaction in public transport. Here, the reliability of services is assessed. This includes punctuality and delays, because frequent delays or cancellations, as well as poor service and high prices influence customer satisfaction. Customers value pleasant and comfortable transport, as well as clean ve-

²¹ cf. (Hessen kündigt Flatrate-Ticket für Geringverdiener an, 2023)

²² cf. (Schafft Deutschland so die Verkehrswende?, 2022)

²³ cf. (Tickets für den ÖPNV)

hicles, sufficient space, friendly staff, comfortable seats and adequate air conditioning. These factors are also taken into account in the evaluation. Another aspect is information, both in advance and in announcements of timetables, delays, changes, or cancellations. This information should be available quickly and easily. Safety is another important aspect of customer satisfaction, this concerns both the infrastructure and the stops or stations. User-friendly, i.e. simple and user-friendly ticketing as well as simple but also diverse payment systems and options also influence customer satisfaction. This includes digital solutions in the form of electronic tickets and contactless payment options, which can increase passenger satisfaction.

Measures to ensure safety include video surveillance, well-lit areas and adequate safety precautions, as well as faultless doors and windows on the train. Also to be assessed here are supports for standing passengers and good ones on the bus. The provision of barrier-free access for persons with reduced mobility or other special needs is an important aspect that should not be neglected, especially under social criteria of basic services. An analysis of ticket sales can also provide information on how well public transport is adapted to the needs of people with disabilities. This could include the number of tickets sold for accessible vehicles or for specific accessible routes. A high demand for such tickets indicates that local public transport takes into account the needs of people with disabilities and provides them with easy access to public transport, which also needs to be ensured under an innovative offer.²⁴

Results

By identifying and evaluating disruptive innovations in the transport sector, the main innovations for local public transport are presented, which have the potential to change local public transport, such as autonomous vehicles, electric mobility, on-demand transport systems, etc. and, above all, by combining them with the needs on the demand side, the future development possibilities can be better assessed and forecasts presented. As a result, the three main innovations for local

²⁴ cf. (Thorsten Winkelmann, 2023)

public transport are summarised as opportunities and risks for local public transport.

From this, the new technologies can be used in a targeted manner on the basis of efficiency, reliability, price and other criteria prioritised by the consumer, thus increasing the use and customer satisfaction in public transport. The presentation of risks and challenges also helps to design and optimise the use of innovations in a targeted manner in order to improve infrastructure, service or acceptance, for example.

The result of the elaboration can also have an impact on business models: The dissertation could also analyse the impact of disruptive innovations on the business models of public transport providers. New technologies could bring changes in the way local public transport is operated and bring new players and business models to the market. Policy and regulatory implications: The dissertation could explore the policy and regulatory implications associated with disruptive innovations. New technologies might require new legal and regulatory frameworks to ensure smooth operation and safe integration into the transport sector.

By examining the opportunities and risks of these disruptive innovations in local public transport in more detail, we aim to gain sound insights that will help decision-makers in the transport sector to develop sustainable strategies and further develop local public transport. The aim is to promote sustainable mobility that meets the needs of passengers while improving environmental protection and the quality of life in cities. Through this research work, we contribute to efforts to tackle the climate crisis and shape a sustainable future.²⁵

Discussion

Local public transport in Germany plays an important role in the mobility and quality of life of the population. However, there are also challenges with regard to the social responsibility of local public transport. One of the main problems is the financing of local public transport, as it is difficult for many transport

²⁵ cf. (Der Rhein-Main-Verkehrsverbund, 2023)

companies to raise sufficient funds for investments in new technologies and infrastructure. The complexity of funding and responsibilities within the local public transport system also makes effective and transparent governance difficult. In addition, the financing of local public transport in Germany is massively dependent on the public sector and politics. Another problem is the impact of local public transport on the environment, especially in terms of air pollution and CO₂ emissions. It is important that transport companies and public authorities work together to reduce the environmental impact of local public transport, for example by using electric buses or promoting cycling. Another challenge is the accessibility of public transport for people with disabilities or reduced mobility. It is important that local public transport is accessible to all people and that there is no discrimination or disadvantage. Promoting environmentally friendly mobility can also contribute to improving air quality and thus the health of the population. Which is why, as a whole, transport operators and public authorities need to work together to address the challenges and seize the opportunities that local public transport offers for social responsibility.^{26 27}

The role of public authorities and policy makers in implementing sustainable socially responsible public transport in Germany and internationally is crucial, as it is very often subsidised. However, the level of subsidies and the way they are financed varies from country to country and region to region. In many European countries such as Germany, France and the UK, subsidisation of local public transport is widespread. In some countries such as Sweden and Switzerland, subsidies are very high and often cover a large part of the operating costs. Local public transport is also heavily subsidised in many Asian countries such as Japan and South Korea. In North America (USA and Canada), public transport is also subsidised, although the level of subsidy is lower compared to European countries.²⁸

²⁶ cf. (Thorsten Winkelmann, 2023)

²⁷ cf. (2021 mehr als 260 Vorhaben durch Länder angemeldet, 2021)

²⁸ cf. (Transport as a glance, 2013)

Public authorities and political institutions bear a large part of the responsibility for shaping the framework conditions and providing the financial means to make local public transport more socially and environmentally sustainable. In addition, they can use laws, regulations, guidelines and incentives to promote socially responsible behaviour in local public transport. Furthermore, subsidies can strengthen the acceptance of public transport. Reasons for these can be manifold, but in general they should help to facilitate access to public transport for all population groups, to reduce traffic, to reduce environmental pollution and to improve mobility as a whole.^{29 30}

One example is the German government's climate package, which came into force on 1 January 2020 and includes, among other things, the reduction of VAT on rail tickets and the promotion of electric buses. Cities and municipalities also have an important role in promoting socially responsible action in local public transport. For example, they can promote the expansion of local public transport by investing in infrastructure and providing financial support for local public transport.³¹

Another important aspect is the cooperation between the different actors in local public transport, such as the transport companies and the authorities. Through close cooperation, common goals and measures can be developed and implemented to make local public transport more socially and ecologically sustainable.³²

An important social offer initiated by politicians during the pandemic is the 9-Euro-Ticket. This was introduced as part of the Relief Package II as a monthly ticket for 9 euros valid throughout Germany. The ticket was offered in the months of June-August 2022 and put all existing customers (season ticket holders, holders of semester tickets and student tickets, etc.) on an equal footing. The offer intended to create awareness for local public transport in society, to attract and retain customers in the long term. The overarching national communication activities of

²⁹ cf. (Nachhaltigkeit in der Branche des öffentlichen Verkehrs)

³⁰ cf. (Handlungsoffensiven für die Mobilitätswende)

³¹ cf. (Verkehr in Zahlen , 2022)

³² cf. (Klimaschutz im Verkehr, 2023)

the transport companies and associations particularly promoted the offer, which was also perceived internationally as innovative, social and sustainable.³³

At the beginning of 2023, the state of Hesse presented its intention to introduce a state-wide ticket at a price of 31 euros per month for recipients of citizen's income, housing benefit plus or social assistance (benefits according to Social Security Code II and Social Security Code XII) as well as for those entitled under the Asylum Seekers' Benefits Act (AsylbLG). According to current coordination and secured financing, the new social ticket offer for an estimated 400,000 eligible persons is to be introduced by summer 2023.³⁴

The „Deutschlandticket“, which was announced by the federal government as part of the 3rd relief package as a subscription product valid throughout Germany at an introductory price of 49 euros per month, also has a solidarity character. This offer is to be usable throughout Germany and strengthen public transport.³⁵

Other discounted ticket offers for special target groups, which were initiated by the State of Hesse and the associations in Hesse, are the flat offers such as the pupil ticket Hessen.³⁶

Due to political proximity, including in the area of funding, the use of innovations in local public transport can be criticised for being expensive, not sufficiently tested or implemented. The solutions developed may appear attractive in theory, but in practice they may be associated with numerous challenges and hurdles. Especially the end consumer is likely to favour price and quality, which also means availability of the offer, and puts innovation and sustainability in the background instead of an innovative and sustainable offer.

The social offers described can also be criticised if the price structure is considered too differentiated. It could also be argued that new technologies and services are not equally accessible to all population groups, which could lead to a

³³ cf. (Bundestag beschließt das Neun-Euro-Ticket, 2022)

³⁴ cf. (Hessen kündigt Flatrate-Ticket für Geringverdiener an, 2023)

³⁵ cf. (Schafft Deutschland so die Verkehrswende?, 2022)

³⁶ cf. (Tickets für den ÖPNV)

perceived social inequality. The loss of jobs in the case of very high use of autonomous vehicles or on-demand services could also be criticised. Other topics that the elaboration could be critical of, as it is outside the research area, is data security and privacy through innovations in digital offerings or services, as these usually have a high level of data protection uncertainty when they are introduced.³⁷

Conclusion

The promotion of environmentally friendly means of transport (e.g. electric buses, bicycle transport) and the reduction of emissions can contribute to environmental protection and at the same time increase comfort and safety in public transport. However, the consumer must also use the offer. Including the opinions of passengers and communities in decision-making on long-term expansion and better service can help ensure that public transport is better aligned with the needs and expectations of society.

About 2/3 of mobility in Germany is generated on working days by people in employment. Especially in the city of Frankfurt am Main, which is the subject of this study, work-related mobility can only be expanded with an efficient system and effective network plan. In 2020, the proportion of commuters who use a car to get to work was 67%, and even after the pandemic and increasing home office phases, the demand for mobility is rising again. Accordingly, the analysis of innovations that make local public transport more attractive as well as more efficient and sustainable is indispensable. Especially under the premise of the contribution to CO₂ reduction, the change of the offer is to be focussed on, but all the more the customers are to be won over and the attractiveness is to be increased. The population is becoming increasingly aware of climate change as a global problem, which is also made clear by the sustainability trend; accordingly, the thesis starts with demand and consumer decisions in order to highlight the needs.

³⁷ cf. (Ritzer-Angerer)

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

In the optimal case, a gap to be promoted is found in the market, which ensures the achievement of the goal through prioritisation and, for example, avoids penalties.³⁸

Based on the current state of knowledge, it can be said that public transport in Germany is not averse to innovation, but that the change in demand away from the car towards public transport can probably only be achieved together with the stakeholders and politics. By generating both an attractive offer that takes into account the needs of consumers and is thus both affordable and available.

REFERENCES

1. (2021). 2021 mehr als 260 Vorhaben durch Länder angemeldet. Berlin: Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Abgerufen am 09. 04 2023 von <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/OEPNV/Oeffentlicher-Personenverkehr-Kompakt/oeffentlicher-personenverkehr-kompakt.html>
2. (2023). Aufgaben und Zuständigkeiten - Öffentlicher Personennahverkehr als allgemeine Daseinsvorsorge. zov. Abgerufen am 01. 04 2023 von <https://www.zov.de/verkehr/aufgaben-zustaendigkeiten.html>
3. Bank, W. (2018). REPORT GRI Index 2018. Von <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30439> abgerufen
4. (2022). Bundestag beschließt das Neun-Euro-Ticket. Deutscher Bundestag. Abgerufen am 11. 04 2023 von <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2022/kw20-de-neun-euro-ticket-894660>
5. CO2 Obergrenze. (2019). Von VIMCAR: <https://vimcar.de/boxenstopp/lexikon/co2-obergrenze-was-gibt-es-zu-beachten/> abgerufen
6. Datenmeldungen ÖPNV, 27 Felder Matrix zur Datenmeldung. (2023).
7. (2023). Der Rhein-Main-Verkehrsverbund. Abgerufen am 08. 04 2023 von <https://www.rmv.de/c/de/informationen-zum-rmv/der-rmv>
8. (kein Datum). Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Weiterentwicklung 2021. Die Bundesregierung . Von <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998194/1875176/3d3b15cd92d0261e7a0bc8f43b7839/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-2021-langfassung-download-bpa-data.pdf> abgerufen
9. (2020). Global Economic Prospects. A Second Year of Sharply Slowing Growth. The World Bank. Von <https://www.worldbank.org/en/publication/global-economic-prospects> abgerufen

³⁸ cf. (CO2 Obergrenze, 2019)

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

10. Handlungsoffensiven für die Mobilitätswende. (kein Datum). Abgerufen am 09. 04 2023 von <https://www.vdv.de/handlungsoffensiven-fuer-die-mobilitaetswende.aspx>
11. (2023). Hessen kündigt Flatrate-Ticket für Geringverdiener an. hessenschau. Abgerufen am 11. 04 2023 von <https://www.hessenschau.de/wirtschaft/nahverkehr-hessen-kuendigt-flatrate-ticket-fuer-geringverdiener-an-v1,oePNV-bahn-bus-ticket-geringverdiener-hessen-100.html>
12. (2019). INVESTMENT REPORT 2018/2019. European Investment Bank. Von https://www.eib.org/attachments/efs/economic_investment_report_2018_key_findings_en.pdf abgerufen
13. (2023). Klimaschutz im Verkehr. Umwelt Bundesamt. Abgerufen am 09. 04 2023 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/klimaschutz-im-verkehr>
14. (2017). MiD Ergebnisbericht. MiD.
15. Modellprojekt RMVall-in - RMVall-in stärkt nachhaltig die Innovationskraft. (kein Datum). Hofheim a.M., Hessen . Abgerufen am 08. 04 2023 von <https://sites.rmv.de/de/rmvallin>
16. Nachhaltigkeit in der Branche des öffentlichen Verkehrs. (kein Datum). Abgerufen am 09. 04 2023 von <https://www.vdv.de/nachhaltigkeit-in-der-branche-des-oeffentlichen-verkehrs.aspx>
17. (2020). Nachhaltigkeitsbericht. Frankfurt a.M.: VGF. Abgerufen am 02. 04 2023 von file:///C:/Users/netzlos/Downloads/VGF_B_20_02_Nachhaltigkeitsbericht_2020_RZ_Digital_002.pdf
18. Nachhaltigkeitsbericht. (22. 04 2023). Abgerufen am 22. 04 2023 von <https://www.apple.com/environment/>
19. (kein Datum). ÖPNV in Kopenhagen & Fredriksburg: Ab Ende 2025 komplett elektrisch. busplaner.de. Abgerufen am 22. 04 2023 von https://www.busplaner.de/de/news/elektromobilitaet-e-mobilitaet-umwelt-klimaschutz-und-nachhaltigkeit-unternehmens-wirtschaft-und-branchen-nachrichten-sonst_oePNV-kopenhagen-fredriksburg-ab-ende-2025-komplett-ektrisch-81872.html
20. Pressetermin zur Inbetriebnahme von Elektrobussen im Lokalverkehr des Main-Taunus-Kreises (MTK). (kein Datum). Hofheim a.M. Abgerufen am 08. 04 2023 von <https://www.rmv.de/c/de/start/main-taunus/pressetermin-zur-inbetriebnahme-von-elektrobussen-im-lokalverkehr-des-main-taunus-kreises-mtk>
21. Ritzer-Angerer, P. (kein Datum). Sharing Economy trifft ÖPNV – das neue Personenbeförderungsgesetz; Analysen und Berichte Klimapolitik. ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft, S. DOI: 10.1007/s10273-021-3025-z.
22. (kein Datum). RMV gewinnt internationalen Nachhaltigkeitspreis für On-Demand-Angebot. Abgerufen am 08. 04 2023 von <https://www.rmv.de/c/de/informationen-zum-rmv/der-rmv/rmv-aktuell/rmv-gewinnt-nachhaltigkeitspreis>
23. RMV-Fahrgäste entlasten die Umwelt. (kein Datum). Hofheim a.M. , Hessen. Abgerufen am 08. 04 2023 von <https://www.rmv.de/c/de/informationen-zum-rmv/der-rmv/rmv-fahrgaeste-entlasten-die-umwelt>

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

24. (2022). Schafft Deutschland so die Verkehrswende? Tagesschau. Abgerufen am 11. 04 2023 von <https://www.tagesschau.de/inland/innenpolitik/49-euro-verkehrswende-101.html>
25. Scheer, D. N. (2020). Covid-19 als Auftrag für sozial-ökologischen Welthandel. transforming economies. Abgerufen am 08. 04 2023 von <https://transforming-economies.de/covid-19-als-auftrag-fuer-sozial-oekologischen-welthandel/>
26. Standorte; Nachhaltigkeit; ÖPNV. (kein Datum). Abgerufen am 22. 04 2023 von <https://www.nextbike.de/de/news/>; <https://www.nextbike.net/oepnv-staedte/>;
27. Thorsten Winkelmann, J. Z. (2023). Boulevard of broken dreams: public audit, mobility infrastructure deficits and the limits of correction in Germany. Energy, Sustainability and Society.
28. (kein Datum). Tickets für den ÖPNV. wirtschaft.hessen.de. Abgerufen am 11. 04 2023 von <https://wirtschaft.hessen.de/besondere-tickets-in-hessen>
29. (2013). Transport as a glance. iea.
30. (2022). Verkehr in Zahlen. Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Abgerufen am 26. 03 2023
31. Woetzel, J. (14.06.2016). Bridging global infrastructure gaps. McKinsey Global Institute. Von <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/bridging-global-infrastructure-gaps> abgerufen

ГЛАВА 3

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

3.1. Рефлексивне управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі із використанням інструментів штучного інтелекту

Становлення нового технологічного укладу [1–5] обумовлено динамікою розвитку цифрового середовища, яке є важливою частиною глобального інформаційного простору. Сучасні процеси цифровізації, широке впровадження нових інформаційно-комунікаційних технологій у всі сфери життєдіяльності людини, стрімкі темпи розширення мережевого простору неминуче змінюють комунікаційні реалії та базові характеристики соціально-економічних процесів. При цьому цифровий простір, що формується, відіграє вирішальну роль у новій інформаційній картині світу, коли інформація виступає в якості двигуна громадського та технічного прогресу та стає об'єктивною характеристикою соціально-економічних систем та взаємодії економічних агентів.

На думку Президента Всесвітнього економічного форуму в Давосі К. Шваба, четверта промислова революція відрізняється насамперед охопленням всіх сторін життя людини цифровими технологіями, котрі стирають межі між матеріальним, цифровим і біологічним світом, а також впровадженням в промислове виробництво кіберфізичних систем і персоналізованого виробництва [6]. Тож, становлення нового технологічного укладу обумовлено динамікою розвитку цифрового середовища, яке є важливою частиною глобального інформаційного простору.

В англійській культурі цифровим простором вважається все, що відображається на екрані цифрового пристрою, а також – локалізацію людей в інтернеті, цифрові «місця», які надають значення, спогади та почуття [8].

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Поняття цифрового простору (середовища) аналогічне розумінню інформаційного простору та кіберпростору як сукупності матеріальних та нематеріальних об'єктів, процесів, ресурсів, засобів взаємодії суб'єктів простору та необхідної інфраструктури [9].

Тож, прийнято вважати, що простір, що інтегрує цифрові процеси, засоби цифрової взаємодії, інформаційні ресурси, а також сукупність цифрових інфраструктур на основі норм регулювання, механізмів організації, управління та використання має назву цифрового простору [10].

Разом із формуванням цифрового простору в процесі розв'язку Індустрії 4.0 збільшуються обсяги інформації в ньому (Big Data), що обумовлює необхідність використання сучасних систем її зберігання та обробки, зокрема автоматизованих систем зі штучним інтелектом (ШІ) (Artificial Intelligence, AI). Дійсно, штучний інтелект є одним із важливих компонентів сучасної парадигми цифрової економіки, що з'явився внаслідок створення нових систем обробки та аналізу даних. ШІ завдяки своїй функціональності та швидкості виконуваних операцій здатний замінити людський капітал у тих сферах, де людина не в змозі виконувати певні завдання або не може виконувати їх так ефективно, як програмне забезпечення на основі ШІ [11]. Тож, дедалі частіше для виконання окремих функцій аналізу, обробки даних та на сьогодні часто і управління як приладами і технікою у промисловості (наприклад, автоматизованих систем управління, кіберфізичних систем на виробництвах, роботизованих систем виробництва тощо), так і поведінкою людей в різних соціально-економічних системах в межах цифрового простору покладається на системи AI, які останні роки стрімко розвиваються та число яких помножується в геометричній прогресії щороку. При цьому з огляду на специфічні ризики та загрози, які пов'язані із можливими непередбачуваними наслідками використання різного роду інструментів ШІ в управлінні поведінкою економічних агентів для соціально-економічних систем, ця область застосування інструментів ШІ потребує особливої уваги.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Дійсно, існуючи ризики виникнення «цифрового капіталізму» [12], які засновані на використанні цифровими компаніями-гігантами великих масивів даних користувачів, що із застосуванням інструментів штучного інтелекту (ШІ) експлуатують цифрову інформацію щодо прагнень, емоцій, думок, переваг, подій, смаків користувачів цифрового простору з метою прогнозування поведінки та монетизації отриманих даних шляхом використання їх в управлінні поведінкою економічних агентів в різних соціально-економічних системах, переносять у площину досліджень поведінкової економіки вивчення механізмів взаємодії агентів у цифровому просторі [13].

Нобелівський лауреат 2017 р. Thaler R. [14, 15] довів, що результати прийняття економічних рішень агентами залежать від властивих людям когнітивних спотворень, які обумовлені обмеженою раціональністю (тут простежується розвиток відзначеної нобілевською премією у 2002 р. теорії перспектив Д. Канемана та А. Тверські [16], соціальних переваг і нестачі самоконтролю у агентів прийняття рішень. Тож, Thaler R. встановив зв'язок між економічними та психологічними факторами процесу прийняття індивідуальних рішень. Виявлення систематичних наслідків результатів таких когнітивних спотворень у соціально-економічних системах, де функціонують агенти, доводять, що поведінкові ефекти часто визначають результат процесу прийняття рішень та впливають на ефективність функціонування соціально-економічних систем, в межах яких відбувається взаємодія агентів [17].

У спільних роботах з Sunstein C. Thaler R. [18, 19] розглядають теорію «підштовхування», при цьому «nudging» називається одним з видів «м'якої сили», який дозволяє подолати властиві людям когнітивні спотворення та забезпечити підвищення ймовірності досягнення соціальних та економічних цілей, зберігши при цьому свободу вибору варіантів рішень і можливість застосування інших альтернатив [18, 19]. Створення таких умов визначається використанням засобів «замовчування» (приховування інформації) чи навпаки додаткового інформування непрямыми рефлексивними методами, які забезпечують можливість при наявності декількох альтернатив обирати

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

найбільш бажану без явної вказівки економічному агенту на вибір конкретного з варіантів рішення, що спонукає його до певних дій або навпаки, до утримання від них. При цьому, в сучасних умовах цифровізації усіх сфер людського життя відповідно до розвитку Четвертої промислової революції штучний інтелект в управлінні поведінкою економічних агентів у цифровому просторі є з одного боку вкрай ефективним та дієвим інструментом такого «підштовхування», проте з іншого боку важливим є визначення меж такого управління, зокрема дослідження існуючих інструментів, дослідження впливу і визначення можливостей та загроз використання інструментів штучного інтелекту для аналізу та управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі на різних рівнях управління.

В Україні окремі питання розвитку інструментів штучного інтелекту, зокрема розробки та впровадження інтелектуальних інформаційних та інформаційно-аналітичних систем та технологій, в Україні досліджуються в Інституті проблем штучного інтелекту МОН та НАН України (Шевченко А.І., 2022 [20]), у ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» (Матвійчук А. В., 2011, Матвійчук А. В., Дюрядін В. П., Єгорова Т. М. 2010 [21, 22]), Навчально-науковому інституті економіки та менеджменту (м. Маріуполь) (Mints A., Kamyshnykova E. [23, 24]); дослідження проблем поведінкової економіки, крім Інституту економіки промисловості НАН України, проводяться на відповідних кафедрах вищих навчальних закладів, зокрема на кафедрі менеджменту та поведінкової економіки Донецького Національного Університету ім. Василя Стуса МОН України (м. Вінниця) (Bezghin K. S., 2021; Безгін К.С., Мартіянова М.П., Ушкальов В.В. [25, 26]), кафедрі маркетингу Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне) (Мальчик М.В., Оплачко І.О. [27]), Навчально-науковому інституті економіки та менеджменту (м. Маріуполь) (Mints A., Schumann A., Kamyshnykova E. [23]) та ін.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Проте, питання впливу, визначення можливостей та загроз використання інструментів штучного інтелекту для аналізу та управління поведінкою економічних агентів досліджено фрагментарно. З огляду на це окреслена проблематика є вкрай актуальною темою нових наукових досліджень [28], яку визначають сучасні тенденції тотальної цифровізації відповідно Четвертій промисловій революції, що прискорилося в умовах карантинних обмежень COVID-19 та військової агресії Російської Федерації в Україні.

Необхідність вирішення завдань управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту обумовлює актуальність розробки відповідних концептуальних положень та рекомендацій для подальшого використання органами влади, організаціям і підприємствам щодо збільшення можливостей і зменшення загроз використання інструментів штучного інтелекту в управлінні поведінкою економічних агентів у цифровому просторі.

Центральною ідеєю пропонованої концепції є ув'язка досліджень взаємодій економічних агентів в межах теорій поведінкової економіки із дослідженнями існуючих інструментів штучного інтелекту в управлінні поведінкою економічних агентів у цифровому просторі.

Гіпотезою дослідження є те, що з використанням методів штучного інтелекту можна виявляти особливості проявів поведінки та використовувати їх в управлінні економічними агентами для підвищення ефективності функціонування соціально-економічних систем [29].

Для розробки відповідних концептуальних положень визначимо можливі ситуації економічної взаємодії агентів управління в межах окресленої гіпотези про виявлення особливостей проявів поведінки економічних агентів із використанням методів штучного інтелекту та застосування їх в управлінні економічними агентами у цифровому просторі для підвищення ефективності функціонування соціально-економічних систем.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Гіпотеза про виявлення особливостей проявів (передумов, чинників і причин) поведінки економічних агентів із використанням інструментів штучного інтелекту у об'єкта управління дозволяє виділити складові механізму прийняття рішення економічними агентами, від яких залежить схильність до прийняття того чи іншого рішення агентом управління в процесі взаємодій в цифровому просторі (рис. 1) [29]. Так, наприклад, інтенсивність взаємодії з цифровим простором агента управління/визначає ступінь впливу ШІ на результат прийняття рішень. Чим більше інтенсивно економічні агенти взаємодіють у цифровому просторі, зокрема із автоматизованими системами ШІ, тим більше вони схильні до впливу як самого цифрового середовища, так і тим більше ймовірність впливу ШІ на їх результат прийняття рішень.

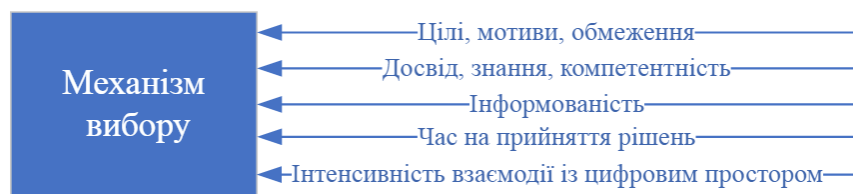


Рис. 1. Основні складові механізму прийняття рішення економічними агентами

Джерело: розроблено автором на основі (Турлакова С.С. [17])

Окрім того, взаємозв'язок результатів прийняття рішень та факторів (особистих характеристик агентів) можна окреслити наступним чином: чим менше досвіду, знань і чим менш компетентний агент щодо області рішення, яке приймається, чим більше невизначені власні цілі та мотиви прийняття рішень економічного агента, тим більша ймовірність того, що в процесі прийняття рішення він буде шукати відповіді на свої питання та «вірне рішення» у цифровому просторі, тож, ймовірність впливу автоматизованих інструментів ШІ на таких агентів стрімко зростає. Аналогічно, чим менше часу для прийняття рішення і чим меншою кількістю інформації володіє агент управ-

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

ління, тим більше він звертається до цифрового простору для пошуку відповідей в процесі прийняття власного рішення та, відповідно, тим більше ризик передати свої особисті дані та підпасти від вплив ІІІ.

Припустимо, є два агенти управління, які беруть участь в економічній взаємодії: суб'єкт і об'єкт управління. Метою суб'єкта управління (СУ) є прийняття об'єктом (ОУ) вигідного СУ рішення. Об'єкт управління (ОУ) приймає свої рішення на основі деякого механізму вибору, розглянутого вище (рис. 1). В процесі прийняття рішень економічний агент, що представляє ОУ, використовує не тільки власний механізм вибору, а й намагається компенсувати прогалини його складових шляхом пошуку відповідної інформації у цифровому просторі, де його особисті дані можуть бути використані автоматизованими інструментами ІІІ для аналізу та надання рекомендацій СУ щодо управління ОУ або напямую для управління ОУ без додаткових взаємодій із СУ. При цьому таке управління частіше за все відбувається за допомогою непрямих (рефлексивних) методів впливу для зміни складових механізму вибору економічних агентів. Окрім того, ОУ можуть також використовувати автоматизовані системи АІ (Artificial Intelligence) для компенсації прогалин у власному механізмі вибору або просто в процесі виконання своїх щоденних дій у цифровому просторі, тим самим відкриваючи дозвіл до збору та аналізу особистої інформації. На рис. 2 представлено взаємодію економічних агентів в цифровому просторі, де існуючі автоматизовані системи АІ використовують СУ та/або ОУ [29].

При цьому, в розглянутій взаємодії (рис. 2) можна виокремити завдання, в межах яких використовуються інструменти ІІІ суб'єктом управління (рис. 2а) та об'єктом управління (рис. 2б) [29]. Так, на рис. 2а представлено взаємодію економічних агентів в цифровому просторі, де автоматизовані системи АІ використовує суб'єкт управління та ІІІ впливає на керуючі впливи, що формує СУ. У свою чергу на рис. 2б представлена взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, де автоматизовані системи АІ використовує об'єкт управління та ІІІ впливає на результат прийняття рішень ОУ.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ



Рис. 2. Взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, де існуючі автоматизовані системи AI використовують СУ та/або ОУ



Рис. 2а. Взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, де автоматизовані системи AI використовує суб'єкт управління та ШІ впливає на керуючі впливи, що формує СУ

При цьому обробка особистих даних користувачів цифрового простору, які представлені об'єктом управління, відбувається у термінах тих параметрів, які закладено в ШІ розробником. Так само використання інструментів ШІ об'єктом управління відбувається в межах закладених розробником параметрів в такі інструменти. Тому, в процесі взаємодій ОУ та СУ у

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

цифровому просторі може скластися така ситуація, що оцінка параметрів, що впливають на процес прийняття рішення ОУ, є неможливою із допомогою існуючих інструментів AI. Відповідну ситуацію економічної взаємодії агентів управління у цифровому просторі представлено на рис. 2 (в) [29].



Рис. 2б. Взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, де автоматизовані системи AI використовує об'єкт управління та ШІ впливає на результат прийняття рішень ОУ



Рис. 2в. Взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, де оцінка параметрів, що впливають на процес прийняття рішення ОУ, є неможливою із допомогою існуючих автоматизованих систем AI

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

В такому разі, суб'єкту управління необхідно самостійно проводити діагностику стану характеристик ОУ для подальшого визначення можливих результатів прийняття рішення та їх оцінки щодо відповідності меті управління. В такому випадку актуальним є збір та аналіз інформації щодо поведінки економічних агентів (ОУ) у цифровому просторі із допомогою методів економіко-математичного моделювання (зокрема, нечіткої логіки та нейронних мереж) та її відповідна обробка для використання результатів СУ в процесі управління поведінкою ОУ.

При цьому, результати діагностики поведінки СУ із використанням автоматизованих систем АІ або за допомогою збору та аналізу відповідної інформації у цифровому просторі використовуються ШІ та СУ для формування відповідних керуючих впливів з метою забезпечення прийняття економічними агентами конкретного рішення, «правильного» для СУ, або такого, яке згенерує ШІ (в тому числі, можливо такого, що не відповідає меті управління СУ). При цьому, СУ може впливати як прямими методами на складові механізми вибору ОУ, так і непрямими рефлексивними методами, в тому числі інформаційного.

Тож, розглянуті на рис. 2(а)-2(в) ситуації економічної взаємодії можуть бути використані для доказу гіпотези про можливість ефективного впливу на інформаційну структуру цифрового простору рефлексивними методами для того, щоб економічний агент, який представлено ОУ в розглянутих взаємодіях, приймав рішення, які є метою СУ, для отримання економічної вигоди в результаті прийняття «потрібних» рішень в соціально-економічних системах. Особливостями взаємодії, розглянутої на рис. 2 (зокрема, на рис. 2(а)) є те, що формування керуючих впливів відбувається СУ із застосуванням висновків та рекомендацій ШІ, а іноді функції СУ повністю замінюються ШІ. В такому разі вкрай актуальним стає питання забезпечення контролю меж такого управління та визначення небезпек та ризиків, які можуть бути пов'язані із перекладанням на інструменти ШІ функцій управління [29].

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Отже, необхідність вирішення завдань управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту в межах представленої вище гіпотези обумовлює доцільність розробки відповідних концептуальних положень, які передбачають побудову та ефективне використання відповідних методів та моделей управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі.

Методологічною базою моделювання процесів управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту є рефлексивний підхід і теорія рефлексивного (інформаційного) управління, для яких характерний погляд на особу, що приймає рішення (ОПР), як на економічного агента, що має складну структуру уявлень, на підставі якої він приймає ті чи інші рішення [17]. Структура уявлень визначається складовими механізми прийняття рішень та відповідними їм рефлексивними характеристиками економічних агентів, від яких безпосередньо залежить їх результат прийняття рішень, та як наслідок, ефективність функціонування соціально-економічних систем. У зв'язку з цим в межах концептуальних положень щодо управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту передбачається розробка методів та моделей діагностики поведінки і рефлексивного управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту. Методи і моделі діагностики поведінки передбачають використання існуючих автоматизованих систем ІІІ (якщо існуючі системи ІІІ використовуються об'єктом чи суб'єктом управління для вирішення завдань, в межах яких взаємодіють СУ та ОУ) та нейро-нечіткого аналізу поведінки економічних агентів (в разі, якщо існуючі інструменти ІІІ не вирішують необхідних СУ завдань) та рефлексивних моделей опису поведінки економічних агентів, які дозволять прогнозувати результати прийняття рішень економічними агентами для ефективного управління економічними агентами у цифровому просторі з використанням рефлексивних методів управління.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Взаємозв'язок загальних етапів реалізації концептуальних положень щодо управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту представлено на рис. 3 [29].



Рис. 3. Концептуальні положення щодо управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту

Можливими вигодами від управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту в межах пропонованої концепції можуть бути наступні складові :

- врахування суб'єктивних особливостей процесу прийняття рішень економічними агентами підвищує ефективність управління соціально-економічними системами;
- підвищення ефективності інформаційної взаємодії економічних агентів та якості рішень відповідно цілям соціально-економічних систем;
- спрямування дій економічних агентів у русло економічного розвитку та підвищення ефективності функціонування соціально-економічних систем макро- та мікро- рівнів;

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

- підвищення результативності дій економічних агентів у цифровому просторі за рахунок їх спрямування у русло суспільних інтересів та соціального та економічного розвитку держави;
- забезпечення інформаційної безпеки економічних агентів в процесі взаємодій у цифровому просторі.

Таким чином, запропонована інтегрована наукова концепція визначає ключові параметри управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту в межах рефлексивних характеристик агентів, які визначають особливості їх поведінки. При цьому, в межах моделювання процесів управління економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту вкрай важливою є формалізація процедур діагностики і рефлексивного управління поведінкою економічних агентів [22, 29].

Реалізація відповідних концептуальних положень та комплексу економіко-математичних моделей дозволить діагностувати поведінку економічних агентів та визначати потенціальних агентів управління у цифровому просторі відповідно цілям соціально-економічних систем у маркетингових дослідженнях, банківській сфері, управлінні людськими ресурсами на державному рівні та рівні підприємств. При цьому запропоновані концептуальні положення націлені на використання існуючих відкритих автоматизованих систем AI (наприклад, Google AI³⁹), якщо інформація є у відкритих чи спеціалізованих цифрових базах, та направленою анкетування з відповідною обробкою отриманих результатів із використанням інструментів нечіткої логіки та нейромережевого моделювання, якщо інформація потребує збору. У свою чергу управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням методів інформаційного та рефлексивного впливу й інструментів штучного інтелекту дозволить забезпечити підвищення ефективності досягнення визначених цілей соціально-економічних систем за напрями використання. Дослідження впливу та визначення можливостей та

³⁹ <https://ai.google>

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

загроз використання інструментів штучного інтелекту для аналізу та управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі на різних рівнях (макро- та мікро-) дозволить зменшити ризики «цифрового капіталізму» (Zuboff, [12]) та забезпечити отримання загального позитивного соціально-економічного ефекту використання цифрового простору.

Перспективним напрямом дослідження є розробка методів і моделей відповідних концептуальних положень, метою яких є виявлення особливостей проявів поведінки економічних агентів і формування адекватних рефлексивних керуючих впливів для забезпечення підвищення ефективності функціонування соціально-економічних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Смарт-промисловість: напрями становлення, проблеми і рішення: монографія. В.П. Вишневський, О.В. Вієцька, О.А. Вієцький [та ін.]; за ред. В.П. Вишневського. – Київ : НАН України, Ін-т економіки пром-сті, 2019. С. 360–417.
2. Экономико-математические модели и информационно-коммуникационные технологии развития смарт-промышленности: монография / А.Ф. Дасив, А.А. Мадых, А.А. Охтенъ, С.С. Турлакова. К. : НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти, 2019. С.92–188.
3. Тарасов А.Ф., Турлакова С.С. Математическое моделирование передовых машиностроительных технологий для смарт-предприятий: обзор подходов и пути внедрения / Тарасов А.Ф., Турлакова С.С. Экономика промышленности. 2018. № 3(83). С. 57–75.
4. Турлакова С.С. Информационно-коммуникационные технологии развития "умных" производств. Экономика промышленности, 2019. №1. С. 101-122.
5. Індустріальне майбутнє України: передбачення методами математичного моделювання / В.П. Вишневський, А.Ф. Дасив, О.О. Охтенъ, С.С. Турлакова; за ред. В.П. Вишневського; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2022. 170 с.
6. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М. : «Эксмо». 2016.
7. Мар'їна О.Ю. Цифровий простір: протиріччя становлення та розвитку. Young Scientist. № 9 (36), 2016, 335–339.
8. Digital tools, spaces and places. Partnership between the European Commission and the Council of Europe in the field of youth. URL: https://pjp-eu.coe.int/en/web/coyote-magazine/digital-tools-spaces-and-places#portlet_56_INSTANCE_jyqrvVWf1Aw (Дата звернення 07.09.2022)
9. Фурашев В. М. Кіберпростір та інформаційний простір, кібербезпека та інформаційна безпека: сутність, визначення, відмінності. Інформація і право (2). 2012. 162-169
10. Цифровая трансформация. Термины и определения: СТБ 2583-2020. – Введ. 2021 – 03–01. – Минск: Госстандарт, 2020. – 16 с.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

11. Искусственный интеллект в Украине: госконцепция, сериал, реальность? (2020) The Page. URL: <https://thepage.ua/it/kak-mincifry-sobiraetsya-razvivat-ii-v-ukraine> Дата звернення 20.03.2022)
12. Zuboff Sh. *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power* London: Profile Books. 2019. 691 pp.
13. Турлакова С.С. Щодо актуальності дослідження інструментів штучного інтелекту в управлінні поведінкою економічних агентів у цифровому просторі. Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод : матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції, 21-23 квітня 2022 року, за заг. ред. О. Ф. Тарасова. Краматорськ: ДДМА, 2022. С. 47-48.
14. Thaler R. H. *Misbehaving: The Making of Behavioral Economics*. N.-Y.: W.W. Norton & Company, 2015. 432 p.
15. Талер Р. Новая поведенческая экономика. Почему люди нарушают правила традиционной экономики и как на этом заработать. М.: Эксмо, 2017. 368 с.
16. Kahneman D., Tversky A. Prospect theory: an analysis of decisions under risk. *Econometrica*. 1979. № 47. P. 263-291.
17. Турлакова С.С. Рефлексивное управление стадным поведением на предприятиях: концепция, модели и методы: монография. НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. Киев, 2020. 322 с.
18. Thaler R. H., Sunstein C. R. *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Penguin, 2009. 306 p.
19. Талер Р., Санстейн К. *Nudge: Архитектура выбора. Как улучшить наши решения о здоровье, благосостоянии и счастье*. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. 240 с.
20. Шевченко А.І. Щодо проекту Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022 – 2030 pp. *Artificial Intelligence*. 2022, № 1. Pp. 8-157.
21. Матвійчук А. В., Дюрядін В. П., Єгорова Т. М. Інтелектуальні технології моделювання в інформаційно-аналітичній системі державної податкової служби: Монографія. К.: Алерта, 2010. 358 с.
22. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія. К.: КНЕУ, 2011.– 439 с.
23. Mints A., Schumann A., Kamyshnykova, E. Stakeholders' rank of reflexion diagnostics in a corporate social responsibility system. *Economic Annals-XXI* [this link is disabled](#), 2020, 181(1-2), стр. 92–104.
24. Mints A., Kamyshnykova E. Fuzzy methods of stakeholder prioritisation in the context of stakeholder management / *International Journal of Learning and Change*, Vol. 13, Nos. 4/5, 2021 p. 372-398.
25. Bezghin K. S. Reflective aspects of enterprise personnel development management / K. S. Bezghin, V. V. Ushkalyov, O. Doronina et al // *AD ALTA: Journal of interdisciplinary research*. 2021. Volume 11. Issue 2. Special Issue XX. – P. 190 – 195.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

26. Безгін К.С., Мартіянова М.П., Ушкальов В.В. Особливості інноваційно-орієнтованої організації: поведінкова парадигма. Підприємництво та інновації. Випуск 11, 2020 Ч.1.. С. 118–127.
27. Мальчик М.В., Оплачко І.О. Моделювання рефлексивних впливів у системі антикризового управління діяльністю промислових підприємств. Системный анализ и моделирование процессов управления: монография. Под ред. д.э.н., проф. В. С. Пономаренко, докт. экон. наук, проф. Т. С. Клебановой, д.э.н., проф. Л. С. Гурьяновой. Братислава-Харьков, ВШЭМ – ХНЭУ им. С. Кузнеца, 2020. С. 154-166.
28. Turlakova S., Shumilo Ya., Lohvinenko B. Research of modern methods of managing the behavior of economic agents. Ročenka Ukrajinsko-Slovenská. Zborník vedeckých prác. 2023. Pp. 22-32.
29. Турлакова С. С. Концептуальні положення управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту. Економіка та підприємництво. 2022. №49. С. 40–54. DOI: 10.33111/EE.2022.49.TurlakovaS.

3.2. Use of artificial intelligence and the Amazon Textract service in banking electronic document management systems

Innovative development of the banking sector in the direction of modeling the implementation of information technologies to support innovative bank products and services is extremely important. In this direction, the Scientific Research Institute "Institute of Information Systems in the Economy" of Vadym Hetman KNEU conducts scientific research (R&D), in particular on the topics: "Development of methods and technologies of intellectual management of organizational structures in the conditions of the digital economy" (state registration number 0119U002604) and "Modeling of processes of implementation of information technologies supporting innovative products and services of banks" (R&D is registered by the State Scientific Institution "Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information", State registration number: 0122U001987, date of registration: 11-03-2022), scientific supervisor .E.Sc., prof. Ustenko S.V. According to the current results of these research works, scientific articles have been published in international monographs (Ustenko, 2020), (Ustenko, 2021), (Ustenko, 2020), (Ustenko, 2019).

The relevance of the research topic is determined by the fact that in market conditions banking products and services play a key role in the functioning of the financial system and market. This leads to the urgent need to build intelligent information systems for the interaction of banking institutions with the user, the involvement of artificial intelligence, in particular neural networks. The main feature and innovation of such systems is that they have the property of machine learning and with each new training the system improves its performance. In information and communication systems and technologies supporting the information security of banking activities and conceptual approaches to the sustainable development of Ukrainian banks based on the general principles of banking education, the main ones of which are the principles of integrity, stability, digitalization and structural-logical connections of elements and the banking system as a

whole, which requires a generalization of approaches to model studies and technologies for using banking systems (Ustenko, 2019).

The work is devoted to the study of the conceptual basis of the processes of information provision of digital educational activity, which does not take into account the production (operational) sphere of activity of enterprises and organizations (Ustenko, 2022). Publications provide approaches, trends and factors of economic growth in the most technologically developed countries (Tew, 2017), (Hussaini, 2020), (Dusange, 1994), (Millier, 2011). Technological development is one of the important factors of economic growth and includes the use of a set of production technologies and scientific methods that must be taken into account for a reasonable analysis and assessment of banks' activities. At the same time, there is an urgent need to develop a general (conceptual) model for evaluating the effectiveness of bank activity, which can take into account key performance indicators of a number of bank subsystems, including operational, economic, financial, managerial, information technology, etc. (Dusange, 1994), (Millier, 2011). The implementation of the conceptual model in each bank will allow at the system level to conduct model experiments to assess the effectiveness of the bank's functioning and development, develop practical recommendations and ways to increase the efficiency of Ukrainian banks, take into account the introduction of banking services and provide banking services to clients.

Since the beginning of 2014, the banking system of Ukraine has experienced one of the strongest crises in its history. In terms of banking assets as a percentage of gross domestic product, Ukraine's banking sector was similar to Poland's. However, by 2016, bank closures and reduced lending led to a sharp reduction in the role of banks in the economy. Today, Ukraine lags far behind many European banks. As of October 2020, out of 180 banks operating at the beginning of 2014, the National Bank of Ukraine declared 104 insolvent or liquidated, which is almost 60% of the country's banks. It should be noted that the assets of some Ukrainian banks in 2014 were overstated due to the concealment of loans granted to related parties, but many banks, unfortunately, did not have

the opportunity to model and forecast the impact of internal and external destabilizing factors on the activities of a financial institution, which led to the search tools and approaches for strategic analysis, performance evaluation and development of banks. Banks are at the epicenter of these changes. Technological developments and social changes have a deeper and more immediate impact on the financial industry than on most other sectors, as its primary raw materials are information and money. And money, in turn, can be dematerialized and turned into accounts, in other words, into data that can be stored, processed and transmitted in real time with little cost (Ustenko, 2021), (Ustenko, 2020).

In 2022, under the conditions of the global energy crisis, which arose as a result of missile attacks on critical infrastructure facilities of the state of Ukraine, from the territory of Russia, the banking sector faced a new problem, namely the migration of infrastructure to Amazon's data centers, and the provision of new functionality to smartphone users.

New technologies are always a challenge for developers of innovative banking services, such as semantic search, it has actually become a built-in function of the new smartphone to recognize the human voice and enter text instead of voice. But the services of the electronic document management system still do not support the possibility of semantic search. It is important for the banking sector to constantly update and introduce new services to the market for better service quality and customer satisfaction. It is obvious that a person with a new smartphone will ask for new possibilities of banking services, such as semantic search, in other words, a bank client will ask for the ability to search for information inside a document stored in an electronic document management system, asking questions to a smartphone that asks the task of recognizing questions by voice and recognize the meaning of the question in such a way that each word in the question must match the general meaning of the question and not just match by symbol, but instead match the meaning of the question that was asked. These issues should be overcome with the new semantic search functionality. Obviously, voice recognition technology already exists. New smartphones could recognize words and put them into sentences, but from a technological point of view, those

words would be just a symbol without meaning, unfortunately. To further recognize words and sentences, a new way of understanding words must be replaced by banking services. This technology will allow you to understand the meaning of sentences as a whole, and not just the meaning of words. This will bring value to the banking sector and banks in particular and bring new functionality to the banking customer. With the obvious need to upgrade customer technology, it's time to think ahead and upgrade software technology in the banking sector. New functionality not only brings value, but also creates new opportunities for the customer and opens up opportunities that will be key to the customer's success. Information and structured information has always been a challenge for the industry, but it is possible to make information not only structured, but also find meaning in the information stored in data centers. In the case of disclosing the content of information, the new way of working with information must be presented to the bank client as the key advantages of the bank using the electronic document management system. A faster and more accurate search result will reduce the amount of time it takes to find documents, which is especially useful when you take into account that the amount of information is always and constantly growing from year to year, which creates an additional challenge for technology that stores documents, such as electronic document circulation. A bank that implements new semantic search will have a key advantage over competitors, because capitalism without competition is exploitation, it is time to think carefully about banking institutions that do not embrace new technologies. Such competition for a better future and better services is already forcing the banking industry to change its attitude towards data centers. Previously, there was a requirement that the data center be physically located on the territory of Ukraine. This attitude has already changed, in the last eight months, the largest banks of Ukraine have moved their software from the Ukrainian data center to the Amazon data center, it really helps to provide banking services during the war, Russia has not been able to stop the bleeding of the Ukrainian economy and even problems such as the introduction of new technologies should not be a problem for the banking industry. The information of Ukrainian banks is already stored in the cloud data center, which will

help to introduce a new technology of semantic search of the electronic document management system. Semantic search capabilities are advantages, advantages that will play a key role in the competition between the largest banks of Ukraine.

New customers of a banking institution will definitely have a new way of thinking, for example, they will use voice search to find information and ask questions instead of matching the information that the new banking customer expects to result with value. Such a result could provide Amazon Kendra with semantic search capabilities in combination with Amazon Textract, which has artificial intelligence capabilities, and working together, they will provide the necessary semantic search capabilities for a new banking customer with a new smartphone. This approach of using semantic search will definitely speed up the search for information, which is a necessary component of an innovative banking product. It should also be noted that the new smartphone increases the load on the existing document management system, since the new smartphone received a new faster processor, they speed up the search for information, which increases the load on the document management system. In order to keep up with new customers who expect information to be found even faster, it is necessary to move the existing infrastructure to the cloud and start using semantic search, which can be provided by Amazon Kendra and Amazon Textract services. The main advantages of using Amazon Kendra and Amazon Textract services are the speed of document retrieval, and also the accuracy, because the information searched through Amazon Kendra is searched by the value of the search query, rather than simply matching the information, it is clear that all future innovative banking services will use semantic search, and now semantic search capabilities will have an edge over the competition. Such useful advantages should be built considering that the time that people spend searching for information is spent in large quantities in large organizations, so advantages that provide new opportunities that require less time to be spent are especially useful. We live in a world that is far from perfect, and our efforts to make it better will be appreciated by millions of users. New technologies solve some old problems, but open up even bigger challenges for us. Young children perceive new technologies even faster than the previous generation. This is

why semantic search actually helps solve the problem of search results in a way that reduces the time it takes to find an answer faster and more accurately than ever before, because so much time the search results were imprecise and the bank manager spent a lot of time finding the answer to such obvious questions for human understanding. All of these challenges can be overcome with AWS Kendra and AWS Textract so that search results are accurate and can be presented to new smartphone users of innovative banking services.

Methods and materials: to achieve the goals of the study, comparative and analytical methods of scientific research were used. Research materials consist of the analysis of documentation texts, scientific articles and publications, as well as practical experience gained on the research topic.

Amazon Textract in the bank document management system

Banking has not yet undergone the transformation that other information sectors have undergone. This is largely due to the fact that banking has historically been a highly regulated industry subject to close supervision and control by government authorities. However, the transformation of the industry is not only inevitable, but also gaining momentum every day. The main reason is that the technological revolution introduces new ways of doing business every day and increases the potential to reduce costs, and the number of users who resort to non-traditional methods of banking continues to grow. Another reason for the transformation is that the current crisis is causing changes in different directions. Banks are perceived as the "culprit" of the recession, and rightly so, because many institutions made very serious mistakes and chose to ignore the basic principles of banking: prudence, transparency and even honesty. As a result of these mistakes, many banks faced serious difficulties, with some banks failing and others undergoing complete restructuring, usually financed with public funds. The colossal amount of taxpayers' funds invested in savings banks caused serious damage to the reputation of financial institutions and the entire industry in the eyes of ordinary citizens. The crisis also triggered a process of radical changes in banking regulation:

credit limits, increased capital and reserve requirements, the need for large investments to improve risk and compliance systems, etc. All this comes down to a decrease in income and an increase in expenses, in other words, to a decrease in the current and future profitability of financial institutions. Banks must respond to the new demands of their customers and society, meet this challenge with a damaged reputation, lower profits and slower growth rates of traditional banking business. Such a situation requires a radical transformation: banks must radically revise the way they interact with clients and make a qualitative leap in the direction of the efficiency of their activities. To a certain extent, the increase in efficiency will be achieved due to the sharp consolidation of the banking sector, which has already begun. But the true transformation of the industry will be achieved through the broad and above all, intelligent use of technology as part of a continuous process of innovation.

In recent decades, banks have been among the most important users of information and communication technologies, which they have adopted with two main goals: to reduce costs and optimize processes to increase profits, and to develop communication channels that are different from the usual ones. With the development of banking, the Internet has become a leading source of information, an indispensable business communication and even a forum for personal relationships: now more than a billion people around the world use various social networks. The Internet also contributes to the fragmentation of banks' production chains, facilitating the outsourcing of services. Banking services offered by cloud computing are a major breakthrough in universal access to data storage and processing at very low costs and will have far-reaching consequences. The use of the Internet has also increased significantly due to the development of mobile phone technology. Thanks to these new devices, almost 4.5 billion people are online and have almost universal access to some level of information services, which has a huge impact on productivity (Ustenko, 2019), (Ustenko, 2018). Mobile phones are equipped with more and more powerful and diverse functions, which will gradually be included in other devices, additional services and services of banking

systems ("Internet of Things", "Internet banking"). The methodology of researching the processes of functioning and development of banks is based on a general analysis and principles of bank development and takes into account a comprehensive approach to researching the processes of effective development of banks (Ustenko, 2019). A comprehensive approach to the study of bank development processes is focused on the holistic development of all processes, not individual processes, which contributes to the comprehensive development of the bank. This approach allows taking into account the information technology aspects of banking services, developing new banking products and using modern information technologies and banking systems. The basis of the information technology support of banks is the process of implementing digitalization as a tool for bank development and scaling. Digitization is the direction of development of banks in the sense of the introduction of modern digital technologies, aimed at the transition to automated digital technologies, controlled by real-time intelligent systems in constant interaction with the external environment outside the boundaries of one bank, with the prospect of unification on a global scale of the Internet of Things and Services network. Today, the first steps in the implementation of digitization are the introduction of such technologies as machine learning, blockchain systems, AR technologies (augmented reality), AWS cloud technologies, data processing systems (Ustenko, 2021), (Ustenko, 2020), (Tew, 2017).

To improve the work of the bank manager, it is suggested to use the Amazon Textarct system to obtain semantic text recognition.

Simply put, AWS Textract is a deep learning-based service that converts different types of documents into an editable format. Consider that we have hard copies of invoices from various companies and keep all important information from them in Excel/spreadsheets. We typically rely on data entry operators to enter data manually, which is a stressful, time-consuming and error-prone process. But using Textract, all we have to do is upload our invoices into it and in turn it returns all the text, forms, key-value pairs and tables in the documents in a more structured way. Below is a screenshot of how AWS performs intelligent information extraction.

Not only printed text, AWS Textract also identifies handwritten texts in documents. This makes information extraction more useful because in some cases handwritten text is more difficult to extract than typed text. Now let's look at some typical use cases for Textract. Reliable and standardized data extraction: Amazon Textract allows you to extract text and tabular data from a variety of documents, such as financial documents, research reports, and medical records. However, these are not dedicated APIs, but they learn on a huge amount of data every day, and with this continuous learning, extracting unstructured and structured data from your document will be much easier.

Key-Value Pair Extraction: Key-value pair extraction has become a common problem for document processing, but Amazon Textract can easily solve it. We can create pipelines to extract key-value pairs using Textract, which automates document processing, from scanning documents to sending data to an Excel sheet, etc.

Create an intelligent search index: Amazon Textract allows you to create libraries of text found in images and PDFs.

Using Intelligent Text Extraction for Natural Language Processing (NLP) – Amazon Textract allows you to extract text into words and strings. It also groups text by table cells if Amazon Textract document table parsing is enabled. Amazon Textract gives you control over how text is grouped as input to NLP.

We will discuss how AWS Textract works. We know that powerful AI and ML algorithms are behind them; however, there are no open source models to go into detail. But I will try to decipher the work by summarizing the documentation that can be found here. (Fig. 1).

First, whenever a new or scanned document is submitted to Textract, it creates a list of block objects for all detected text. For example, say an invoice today is a hundred words long, AWS creates a hundred block objects for all the words. These blocks contain information about the detected element, its location, and Amazon Textract's confidence in the accuracy of the processing.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ



Figure 1. AWS Textract

Usually, most documents consist of the following blocks:

Page

Lines and words of the text

Form data (key-value pairs)

Tables and cells

Selection of elements

Below is an example and block structure of AWS Textract data:

```
{
  "Blocks": [
    {
      "Geometry": {
        "BoundingBox": {
          "Width": 1.0,
          "Top": 0.0,
          "Left": 0.0,
          "Height": 1.0
        },
        "Polygon": [
          {
            "Y": 0.0,
            "X": 0.0
          },
          {
            "Y": 0.0,
```

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

```
        "X": 1.0
      },
      {
        "Y": 1.0,
        "X": 1.0
      },
      {
        "Y": 1.0,
        "X": 0.0
      }
    ]
  },
  "Relationships": [
    {
      "Type": "CHILD",
      "Ids": [
        "2602b0a6-20e3-4e6e-9e46-3be57fd0844b",
        "82aedd57-187f-43dd-9eb1-4f312ca30042",
        "52be1777-53f7-42f6-a7cf-6d09bdc15a30",
        "7ca7caa6-00ef-4cda-b1aa-5571dfed1a7c"
      ]
    }
  ],
  "BlockType": "PAGE",
  "Id": "8136b2dc-37c1-4300-a9da-6ed8b276ea97"
}.....
],
"DocumentMetadata": {
  "Pages": 1
}
}
```

However, the contents inside the blocks change depending on the operation we call. For a text detection operation, the blocks return the pages, lines, and words of the detected text. If we use document parsing operations, the blocks will return detected pages, key-value pairs, tables, selections, and text. However, this only explains how Textract works at a high level, in the next section let's dive into the OCR behind Textract.

There are no specifics about the type of OCR that Amazon Textract uses, as it is a commercial product. However, we can compare it with one of the most popular open source OCRs, "Tesseract", to understand its accuracy and ability to extract different types of documents.

Tesseract OCR is based on LSTM, a deep learning-based neural network architecture that works extremely well with text data. Below are the document formats supported by tesseract: plain text, hOCR (HTML), PDF, PDF with invisible text only, TSV. It supports Unicode (UTF-8) and supports over 100 languages out of the box. However, since the entire code is open source, it can be trained to recognize other languages, but this requires deep learning and computer vision expertise. When it comes to table and key-value pair extraction, tesseract fails. However, we can create our own pipelines to solve this problem.

Textract OCR is also a deep learning neural network architecture, but it cannot be fully customized or trained on a custom dataset. Its task is to analyze and extract all the data contained in the document. However, Textract automatically adjusts to your data and achieves higher accuracy on the fly if a human verifies the extracted information (human in the loop). For tasks like table extraction and key-value pair extraction, Textract does a good job, achieving higher accuracy than Tesseract. But it is limited to only a few languages and document formats.

The following are some of the document types that can be processed with AWS Textract:

- Regular Accounts/Accounts
- Financial documents
- Medical documents
- Handwritten documents

- Payment information or documents of the employee.

The Amazon Textract API can be used in a variety of programming languages. We will look at the key-value extraction code block using Textract from Python. To learn more about the language and API support, we suggest you read the documentation.

This code snippet is an example of how we can perform key-value pair extraction on documents using Textract's Python API. For this to work, we will also need to configure the API keys in the AWS dashboard. Now let's dive into the code snippet.

First, we import all the necessary packages to send documents to AWS and process the extracted text.

```
import boto3
import sys
import re
import json
```

Next we have a function called `get_kv_map`, here we use `boto3` to communicate with the Amazon Textract API, download the document and get the block response. Now we get all the key-value pairs by checking for "BlockType" and returning it to the dictionaries.

```
def get_kv_map(file_name):
    with open(file_name, 'rb') as file:
        img_test = file.read()
        bytes_test = bytearray(img_test)
        print('Image loaded', file_name)
    # process using image bytes
    client = boto3.client('textract')
    response = client.analyze_document(Document={'Bytes':
bytes_test}, FeatureTypes=['FORMS'])
    # Get the text blocks
    blocks=response['Blocks']
    # get key and value maps
    key_map = {}
```

```
value_map = {}
block_map = {}
for block in blocks:
    block_id = block['Id']
    block_map[block_id] = block
    if block['BlockType'] == "KEY_VALUE_SET":
        if 'KEY' in block['EntityTypes']:
            key_map[block_id] = block
        else:
            value_map[block_id] = block
return key_map, value_map, block_map
```

After that, we have a function that gets the relationship between the extracted key-value pairs using the block elements. Essentially, using the relationships found in the block information (JSON), this function links keys and values in a document.

```
def get_kv_relationship(key_map, value_map, block_map):
    kvs = {}
    for block_id, key_block in key_map.items():
        value_block = find_value_block(key_block,
value_map)
        key = get_text(key_block, block_map)
        val = get_text(value_block, block_map)
        kvs[key] = val
    return kvs
def find_value_block(key_block, value_map):
    for relationship in key_block['Relationships']:
        if relationship['Type'] == 'VALUE':
            for value_id in relationship['Ids']:
                value_block = value_map[value_id]
    return value_block
```

Lastly, we return the text present in the saved key-value pairs.

```
def get_text(result, blocks_map):
    text = ''
```

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

```
if 'Relationships' in result:
    for relationship in result['Relationships']:
        if relationship['Type'] == 'CHILD':
            for child_id in relationship['Ids']:
                word = blocks_map[child_id]
                if word['BlockType'] == 'WORD':
                    text += word['Text'] + ' '
                if word['BlockType'] ==
'SELECTION_ELEMENT':
                    if word['SelectionStatus'] ==
'SELECTED':
                        text += 'X'

    return text
def print_kvs(kvs):
    for key, value in kvs.items():
        print(key, ":", value)
def search_value(kvs, search_key):
    for key, value in kvs.items():
        if re.search(search_key, key, re.IGNORECASE):
            return value
def main(file_name):
    key_map, value_map, block_map = get_kv_map(file_name)
    # Get Key Value relationship
    kvs = get_kv_relationship(key_map, value_map,
block_map)
    print("\n\n== FOUND KEY : VALUE pairs ===\n")
    print_kvs(kvs)
    # Start searching a key value
    while input('\n Do you want to search a value for a
key? (enter "n" for exit) ') != 'n':
        search_key = input('\n Enter a search key:')
        print('The value is:', search_value(kvs,
search_key))
if __name__ == "__main__":
    file_name = sys.argv[1]
    main(file_name)
```

So we can use the AWS Textract API to perform various information extraction tasks. The functions/approach are similar to most programming languages. We can also customize the approach based on our use cases if we want to use the API.

Amazon Textract is a machine learning (ML) service that automatically extracts text, handwriting, and data from scanned documents. It goes beyond simple optical character recognition (OCR) to identify, understand and extract data from forms and tables.

Amazon Kendra is a document search and indexing interface. Amazon Kendra can be used to create an updatable index of various types of documents, including plain text, HTML files, Microsoft Word documents, Microsoft PowerPoint presentations, and PDF files. It has a search API that can be used from a number of client applications, including websites and mobile applications. Other services are integrated with Amazon Kendra.

For example, you can use Amazon Kendra search to run Amazon Lex chatbots and provide answers to user queries. Amazon S3 can be used as a data source for your Amazon Kendra index. AWS Identity and Access Management can also be used to manage access to Amazon Kendra resources.

Amazon Kendra consists of the following elements:

- Index provides a client-side search API. The index consists of source documents.
- Documents to be indexed are stored in the source repository.
- The data source synchronizes the documents of your source repositories with the Amazon Kendra index. You can synchronize your data source with the Amazon Kendra index to update the index with new, updated, and deleted files from the source repository.
- A document addition API that directly adds documents to the index.

Benefits of using Amazon Kendra:

- Get answers in natural language: We can use simple keywords to search. It will return the best answers to your query, whether your answer is in a document, FAQ, or PDF. It will also provide suggested answers rather than going

through a long list of documents. In the image below, we can see the difference in how Amazon Kendra returns results after a search.

- **Content Access:** With Kendra, we can easily access content from various repositories like SharePoint, Amazon S3, ServiceNow, and Salesforce into a centralized index that allows you to search all questions in your data and find the exact answer.

- **Fine-tuning search results:** We can fine-tune search results by manually adjusting the importance of data sources or by using custom tags.

- **Deploy with just a few clicks:** Just a few clicks. We can set up the index, connect the appropriate data sources, and start using Kendra to find answers to our questions.

Amazon Kendra users can ask the following types of questions or requests:

- **Factual questions** are simple who, what, when, and where questions whose answers are based on facts that can be given in a single word or phrase.

- **Descriptive questions** are questions with a single line, section, or full text as the answer.

- **Search by keywords** – when the purpose and scope of the question are unclear. Amazon Kendra can determine user intent from a search query and return results that match the user's expected value. Amazon Kendra is a widely used service defined as an intelligent search (ML) service powered by machine learning. Amazon Kendra redefines business search for user websites and applications so that their employees and customers can quickly find the information they need, even if it is located in multiple locations and content repositories within the company. With Amazon Kendra, users can stop sifting through reams of unstructured data and instead find relevant answers to their queries when they need them. Because Amazon Kendra is a fully managed service, there is no need to configure servers and train or install machine learning models. Use natural language queries in addition to basic keywords to get the information you need. Whether it's a text snippet, an FAQ, or a PDF document, Amazon Kendra will provide the exact answer from it. Instead of searching for exact answers in huge lists of documents, Amazon Kendra offers suggestions in advance. Amazon Kendra is also defined

as a service that offers intelligent search capabilities for websites and applications. With this service, employees can easily identify the material they need, even if the data is stored in multiple locations, and get the right answers to their queries when they need them.

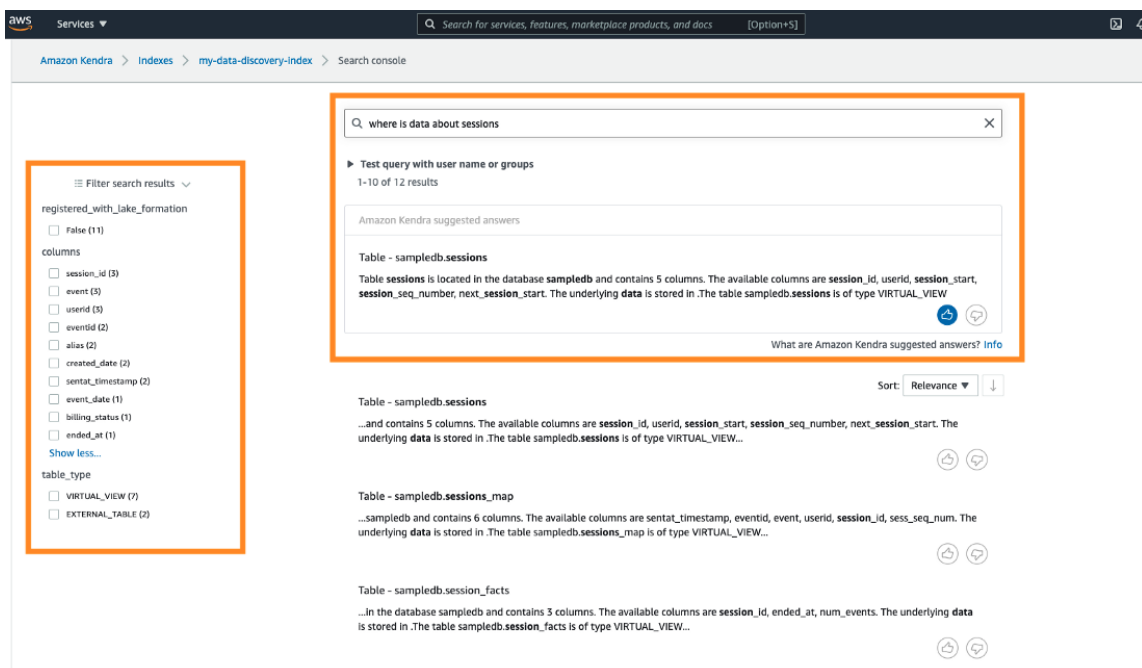
Amazon says goodbye to browsing through long lists of links and browsing through articles in the hope of finding something that will help users. Natural language search capabilities, unlike traditional search technologies, provide the answers users are looking for quickly and accurately, regardless of where the content is stored in their company, so they find relevant answers quickly. Amazon Kendra easily aggregates content from content repositories such as Microsoft SharePoint, Amazon Simple Storage Service (S3), ServiceNow, Salesforce, and Amazon Relational Database Service (RDS) into a centralized index using Amazon Kendra. It allows users to quickly search all of your enterprise data and find the most accurate answer, thus centralizing access to knowledge. The deep learning models used by Amazon Kendra have been pre-trained in 14 industries, helping to produce more accurate answers in a variety of business use cases. Users can also fine-tune search results by directly prioritizing data sources, authors, or relevance, or by applying custom tags, thus customizing search results. Compared to traditional search solutions, Amazon Kendra is quick to configure, allowing users to access Amazon Kendra's advanced search capabilities more quickly. Without any programming or machine learning skills, users can simply create an index, link relevant data sources, and launch a fully functional and customizable search interface with just a few clicks of the mouse, and thus it deploys with just a few clicks of the mouse.

As with any data discovery tool, metadata is key. We will use the S3 databases and tables available in the AWS Glue data directory. To make this information searchable through Amazon Kendra, I needed to prepare the metadata (ie, the database and table names in the AWS Glue data catalog) in a format that could be indexed in Amazon Kendra. It's very easy with boto3's AWS Python SDK. See the example below:

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

```
def get_all_glue_tables():
    """
    Function to get all tables in AWS Glue Data Catalog
    """
    glue_tables = []
    kwargs = {}
    response = glue.search_tables(**kwargs)
    glue_tables.extend(response['TableList'])
    while 'NextToken' in response:
        token = response['NextToken']
        kwargs['NextToken'] = token
        response = glue.search_tables(**kwargs)
        glue_tables.extend(response['TableList'])
    return glue_tables
```

With metadata added as documents to Amazon Kendra, it's time to experience data discovery. Our first query was to find user session data. To do this, Amazon Kendra returned the correct results along with a suggested answer that matched what we were looking for. Additionally, based on metadata and Facet configuration in Amazon Kendra, I can filter the columns I'm interested in or the types of tables (views or external tables, see Fig. 2).



The screenshot displays the Amazon Kendra search interface. On the left, a filter sidebar is visible with sections for 'registered_with_lake_formation' (False (11)), 'columns' (listing session_id (3), event (3), userid (3), eventid (2), alias (2), created_date (2), senta_timestamp (2), event_date (1), billing_status (1), ended_at (1), and Show less...), and 'table_type' (VIRTUAL_VIEW (7), EXTERNAL_TABLE (2)). The main search area shows a query 'where is data about sessions' with 1-10 of 12 results. The top result is a suggested answer for the 'Table - sampledb.sessions', which is a VIRTUAL_VIEW containing 5 columns: session_id, userid, session_start, session_seq_number, and next_session_start. Below this, a list of search results is shown, including 'Table - sampledb.sessions' (5 columns), 'Table - sampledb.sessions_map' (6 columns), and 'Table - sampledb.session_facts' (3 columns).

Figure 2. Search for user session data

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

After examining the session data, our task is to review the data available for conversion. So we just ask Amazon Kendra, "Where's the conversion data." The result, as seen in fig. 3.

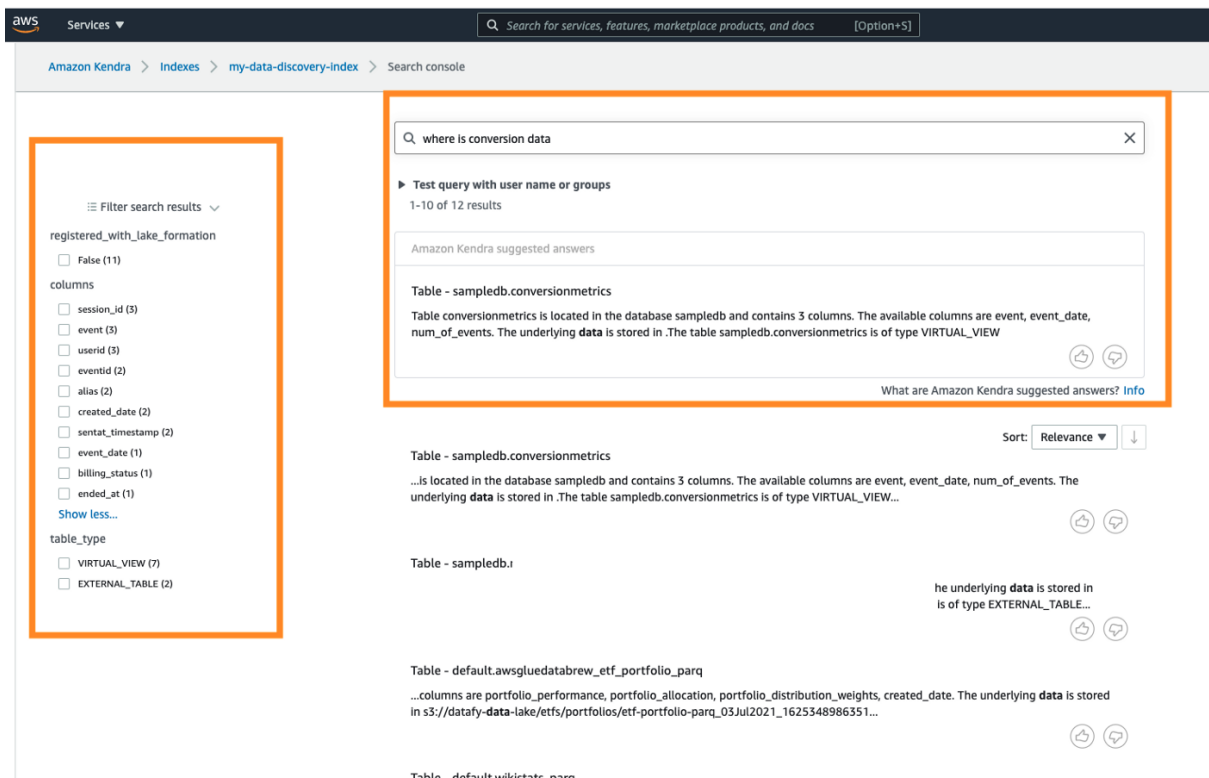


Figure 3. Data available for conversion

Finally, we want to see the tables with the eventId column so we know which tables or views to join for analysis (see Fig. 4).

Search allows you to ask questions in natural language. eg "where is eventid used?" or "where is the conversion data?". This capability makes it easy for anyone to find the relevant data they need for analytics. Thus, the time required to search for data is reduced.

Amazon Kendra document attributes can be used as filters, in this case column names, providing an intuitive user interface for filtering.

The architecture of the electronic document management system using Amazon Kendra and Amazon Textract is presented in Fig. 5.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

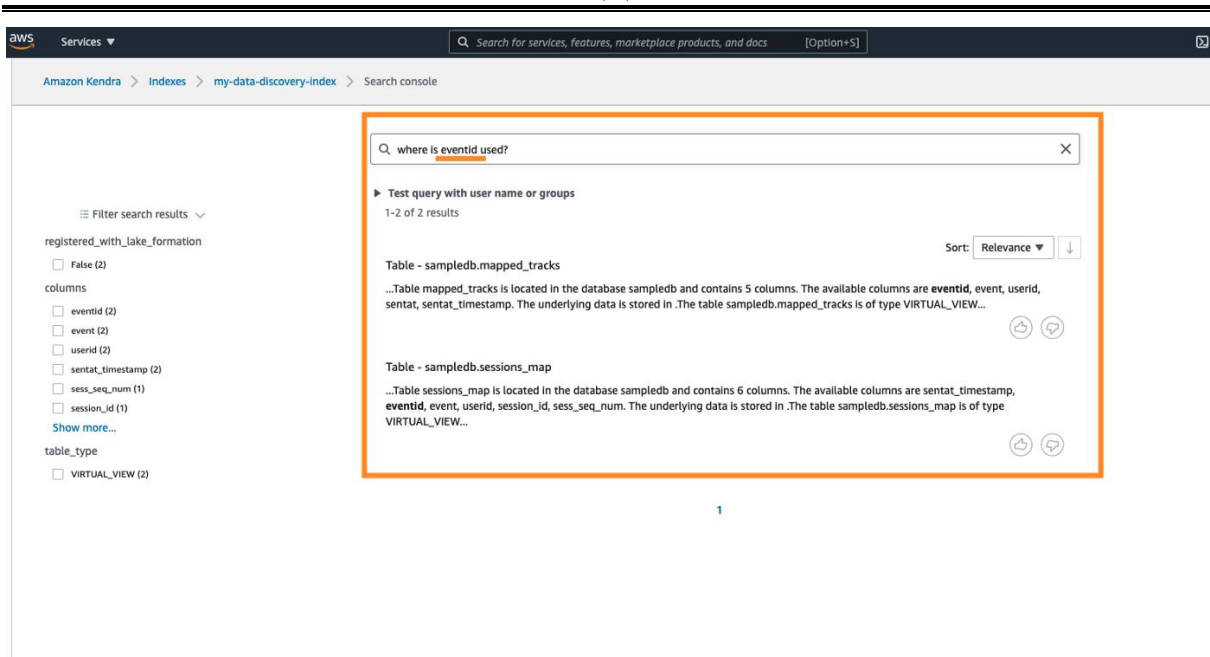


Figure 4. Tables with an eventId column

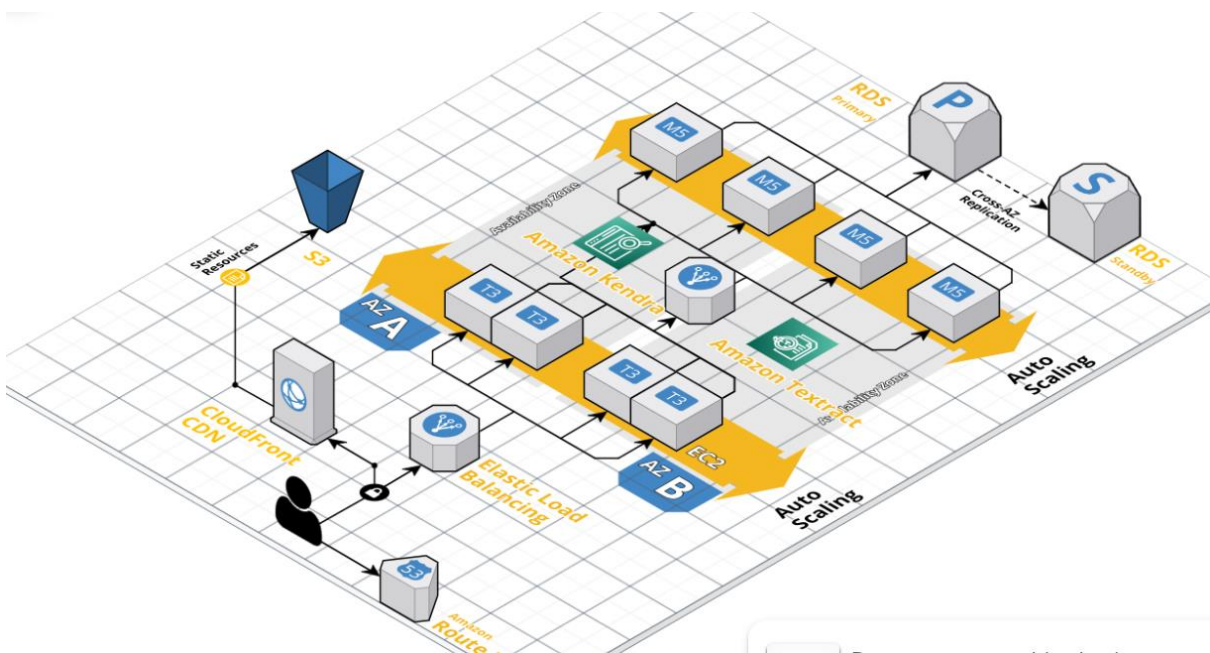


Figure 5. Architecture of the electronic document management system
Amazon Kendra and Amazon Textract

Conclusions

The new economy of Ukraine must find answers to challenges called energy crises, the state in a smartphone, a bank in a smartphone. This is the new

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

reality of Ukraine. The main challenge of our generation and our time. If the challenge is answered properly, the economy will be stronger than ever. Finance is the lifeblood of our economy and we must see banks as a key tool to support the economy so that payments can be made and key banking services can be obtained. The article describes one of the key factors that will enable a smartphone to provide semantic search and artificial capabilities. Obviously, a person with an iPhone 14 will use the voice search function and ask questions in fluent language, these features of the banking product can be achieved by using Amazon Kendra and Amazon Textract.

REFERENCES

1. Dusange, P., & Ramanantsoa, B. (1994). *Technologie Et Stratégie D'entreprise*, Édition International. Ediscience International. No. 1. P. 248. Paris, France.
2. Hussaini, N. (2020). Economic Growth and Higher Education in South Asian Countries: Evidence from Econometrics. *Int. J. High. Educ.* No. 9. P. 118–125.
3. Millier, P. (2011). *Stratégie Et Marketing De L'innovation Tech-nologique*. 3ème Édition: Lancer Avec Succès Des Produits Qui N'existent Pas Sur Des Marchés Qui N'existent Pas Encore. Dunod: Paris, France. Available online: <https://www.dunod.com> (accessed on 25 April 2022).
4. Tew, J.H., & Lee, K.J.X., & Lau, H.C., & Hoh, Y.C., & Woon, S.P. (2017). *Linkage between the Role of Knowledge and Economic Growth: A Panel Data Analysis* : Ph.D. Thesis. UTAR, Kampar, Malaysia.
5. Ustenko S., & Ostapovych T. (2020). Systema upravlinnia kiberbezpeky bankiv z vykorystanniam zasobiv shtuchnoho intelektu [Bank cybersecurity management system using artificial intelligence]. *Systemnyi analiz y modelyrovanye protsessov upravlenyia – System analysis and modeling of control processes*. V. Ponomarenko, T. Klebanova, L. Guryanova (Eds.). P. 209–217. Bratislava-Kharkiv. [in Ukrainian]
6. Ustenko, S., & Ostapovych, T. (2021). AI at banking services. *Modeli sistemnogo analiza v upravlenii ekonomicheskimi Protsessami – Systems analysis models in the economic processes management*. V. Ponomarenko, T. Klebanova, L. Guryanova (Eds.). P. 230–243. Bratislava-Kharkiv. [in English]
7. Ustenko S., & Ostapovych T. (2020). AI at Banking Infrastructure. *Shtuchnyi intelekt – Artificial intelligence*. #. 4. P. 7–13. Retrieved from <https://doi.org/10.15407/jai2020.04.007> [in English]
8. Ustenko, S., & Hivarhizov, I. (2019). Ukrainian banks sustainable development research and management concept. *Periodyk naukowy akademii polonijnej*. #. 37(6). P. 35–45. Retrieved from <http://pnap.ap.edu.pl/index.php/pnap/article/view/400>

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

9. Ustenko S.V. (2018). Metodolohichni zasady modeliuvannia protsesiv rozvytku vysokotekhnolohichnykh pidpriemstv [Methodological bases of modeling of processes of development of high-tech enterprises]. Informatsionnaya ekonomika: etapyi razvitiya, metodyi upravleniya, modeli – Information economy: stages of development, management methods, models. V.S. Ponomarenko, T.S. Klebanova, N.A. Kizima (Eds.). P. 576–586. Harkov : VShEM-HNEU im. S. Kuzneta. [in Ukrainian]
10. Ustenko S.V., & Vozniuk Ya.Yu. (2022). Kontseptualni zasady doslidzhennia protsesiv informatsiinoho zabezpechennia tsyfrovoyi osvithoi diial-nosti [Conceptual bases of research of processes of information support of digital educational activity]. Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu «Ostrozka akademiia». Serii: Ekonomika – Scientific notes of the National University «Ostroh Academy». Economics series. No. 24(52). P. 144–148. Ostroh : Vyd-vo NaUOA. [in Ukrainian]

3.3. Рефлексивне управління поведінкою фахівців з маркетингу за допомогою інструментів штучного інтелекту

Для втілення результативної діяльності з просування товарів і послуг необхідним є створення ефективної маркетингової стратегії на основі проведеного аналізу ринку і поставлених цілей компанії. Беззаперечним трендом 2023 року є використання у роботі діджитал-фахівців інструментів штучного інтелекту (AI), в тому числі у роботі фахівців з маркетингу. Однією з головних причин актуальності використання AI є зростання обсягів даних, які збираються та обробляються в процесі маркетингових досліджень і кампаній. Використання інструментів AI дозволить значно покращує результативність дослідження, розробки та реалізації маркетингової стратегії [1, 2]. Таким чином, для ефективного управління фахівцями з маркетингу на ключовому для підприємства етапі розробки маркетингової стратегії важливим стає врахування впливу на їх поведінку рекомендацій отриманих від інструментів штучного інтелекту.

Раніше ефективність взаємодії економічних агентів зі штучним інтелектом в процесах прийняття управлінських рішень досліджували: Дж. Філіпс-Врен [3], М. Джарахі [4], Н. Фаст [5], С. Рейш [6].

В сучасних умовах цифровізації усіх сфер людського життя, відповідно до розвитку Четвертої промислової революції, рекомендації отримані від штучного інтелекту є ефективним та дієвим інструментом непрямого (рефлексивного) впливу згідно теорії «підштовхування» Р. Талера [7]. Існує гіпотеза про можливість ефективного впливу на інформаційну структуру рефлексивними методами для того, щоб економічний агент, який є об'єктом управління, приймав рішення, які є метою суб'єкту управління, для отримання економічної вигоди в результаті прийняття «потрібних» рішень в соціально-економічних системах [8].

Необхідність вирішення завдань управління поведінкою фахівців з маркетингу на етапі створення маркетингової стратегії з використанням ін-

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

струментів штучного інтелекту обумовлює доцільність розробки відповідних концептуальних положень, які передбачають побудову та ефективне використання відповідних методів та моделей рефлексивного управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі.

На етапі створення маркетингової стратегії керівник (суб'єкт управління) робить постановку завдання фахівцям з маркетингу (об'єкт управління), які можуть обробити дані за допомогою інструментів штучного інтелекту (AI) і отримати рекомендації, які вплинуть на формування маркетингової стратегії.

Робота подібних інструментів в більшості випадків базується на наданні рекомендацій об'єкту управління (ОУ) - фахівцям з маркетингу в процесі розробки маркетингової стратегії відповідно до завдань, поставлених суб'єктом управління (СУ) – керівництвом компанії. Використання подібних інструментів збільшує результативність маркетингової стратегії і ймовірність досягнення поставлених керівництвом цілей, через вплив на механізм вибору фахівця з маркетингу через його інформованість відповідно до рис. 1.



Рис. 1. Взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, де автоматизовані системи AI використовує об'єкт управління – фахівець з маркетингу та AI впливає на результат прийняття рішень ОУ [9]

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Розглянута економічна взаємодія ілюструє гіпотезу про можливість ефективного впливу на інформаційну структуру рефлексивними методами для того, щоб фахівець з маркетингу, який представлено ОУ в розглянутій взаємодії, приймав рішення, які є метою СУ, для отримання економічної вигоди в результаті прийняття ефективних рішень на етапі створення маркетингової стратегії.

Методологічною базою моделювання процесів управління поведінкою економічних агентів з використанням інструментів штучного інтелекту є рефлексивний підхід і теорія рефлексивного (інформаційного) управління, для яких характерний погляд на особу, що приймає рішення (ОПР), як на економічного агента, що має складну структуру уявлень, на підставі якої він приймає ті чи інші рішення [8]. Структура уявлень визначається складовими механізми прийняття рішень та відповідними їм рефлексивними характеристиками економічних агентів, від яких безпосередньо залежить їх результат прийняття рішень, та як наслідок, ефективність функціонування соціально-економічних систем.

Розглянемо приклади рефлексивного управління поведінкою фахівців з маркетингу за допомогою інструментів штучного інтелекту, діагностики поведінки та взаємодії економічних агентів, де автоматизовані системи AI використовують об'єкт управління – фахівець з маркетингу, а від AI залежить інформованість ОУ, та AI впливає на результат прийняття рішень ОУ.

Наприклад, платформа Unmetric Analyze Xia від Unmetric зі штучним інтелектом Xia [1], що працює на основі машинного навчання, аналізує зміст соціальних мереж конкурентів, надаючи інформацію про їх контент у цифровому просторі, рекламні публікації та їх ефективність, таким чином допомагає маркетологу зрозуміти як конкуренти досягають успіху і які їх дії призводять до продажів. У результаті використання інструменту фахівцями з маркетингу (ОУ), керівництво (СУ) отримує якісні зміни у рішеннях фахівців щодо розробки маркетингової стратегії з урахуванням отриманих рекомендацій від AI щодо виявлених стратегій конкурентів. Відбувається взає-

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

модія економічних агентів в цифровому просторі, де автоматизовані системи AI використовує об'єкт управління та AI впливає на результат прийняття рішень ОУ.

Діагностика стану об'єкту управління: не відбувається, можлива за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю. AI, надаючи рекомендації для прийняття рішень фахівцями з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингової стратегії, здійснює вплив на механізм вибору ОУ через інформованість.

Платформа NetBase Quid [1] використовує штучний інтелект для виявлення змін в поведінці споживачів і тенденцій на ринку: класифікує, сегментує та впорядковує дані з великої кількості ресурсів та надає рекомендації з ключових напрямків зростання бізнесу.

У результаті використання інструменту фахівцями з маркетингу (ОУ), керівництво (СУ) отримує якісні зміни у рішеннях фахівців щодо розробки маркетингової стратегії з урахуванням отриманих рекомендацій від AI щодо виявленої поведінки, вподобань і антипатій споживачів і тенденцій на ринку. Відбувається взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, яку зображено на рис. 1, де автоматизовані системи AI використовує об'єкт управління щодо зміни своєї інформованості та AI впливає на результат прийняття рішень ОУ.

Діагностика стану об'єкту управління: не відбувається, можлива за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю. AI, надаючи рекомендації для прийняття рішень фахівцями з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингової стратегії, здійснює вплив на механізм вибору ОУ через його інформованість.

Платформа маркетингової аналітики Pathmatics [1] використовує штучний інтелект та машинне навчання для аналізу рекламної ефективності конкурентів, їх сайтів, рекламних площ, на яких вони рекламуються, та розміри рекламних бюджетів. У результаті аналізу платформа надає рекомендації фахівцям з маркетингу аналогічні досвіду відомих компаній.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

У результаті використання інструменту фахівцями з маркетингу (ОУ), керівництво (СУ) отримує якісні зміни у рішеннях фахівців щодо розробки маркетингової стратегії з урахуванням отриманих рекомендацій від АІ щодо досвіду конкурентів. Відбувається взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, де автоматизовані системи АІ використовує об'єкт управління та АІ впливає на результат прийняття рішень ОУ (рис. 1) та фактично стає вбудованою надстройкою ОУ (якщо можна дати таке визначення щодо людини (особи, що приймає рішення) та цифрової платформи).

Діагностика стану об'єкту управління не відбувається, можлива за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю. АІ, надаючи рекомендації для прийняття рішень фахівцями з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингової стратегії, здійснює вплив на механізм вибору ОУ через інформованість.

Платформа Crayon Market IQ [1] на основі висновків вбудованого штучного інтелекту допомагає знайти потенційних бізнес-клієнтів, які відповідають заданому «портрету клієнта» і демонструють поведінку потенційних клієнтів в цифровому просторі, тобто таку, що свідчить про те, що вони шукають певний товар. У результаті використання інструменту фахівцями з маркетингу (ОУ), керівництво (СУ) отримує якісні зміни у рішеннях фахівців щодо розробки маркетингової стратегії з урахуванням отриманих рекомендацій від АІ щодо вибору цільової аудиторії на ринку. Відбувається взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, де автоматизовані системи АІ використовує об'єкт управління для зміни своєї інформованості та АІ впливає на результат прийняття рішень ОУ (рис. 1).

Діагностика стану об'єкту управління: не відбувається, можлива за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю. АІ, надаючи рекомендації для прийняття рішень фахівцями з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингової стратегії, здійснює вплив на механізм вибору ОУ через інформованість.

Маркетингова платформа Albert [1] також використовує штучний інтелект для аналізу великих обсягів даних про відвідувачів різних сайтів і

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

визначає потенційних покупців на ринку для створення і автономного запуску оптимізованих цифрових маркетингових кампаній. Таким чином, керівництво підприємства (СУ) отримує якісні зміни у рішеннях фахівців з маркетингу (ОУ) завдяки тому, що вони отримують рекомендації від AI щодо вибору цільової аудиторії на ринку. Таким чином, в даному випадку автоматизовані системи AI використовує об'єкт управління та AI впливає на його результат прийняття рішень відповідно до рис. 1.

В цьому випадку діагностика стану об'єкту управління не відбувається, проте можлива за допомогою інших методів, наприклад анкетування чи інтерв'ю. AI здійснює вплив на механізм вибору ОУ (фахівця з маркетингу) через його рівень інформованості, надаючи рекомендації для прийняття рішень фахівцями з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингової стратегії.

SaaS платформа Optimove [1] використовує машинне навчання, щоб збирати дані про дії потенційних клієнтів з різних платформ з метою планування, виконання, вимірювання та оптимізації маркетингового плану для максимального збільшення цінності клієнта протягом усього строку взаємодії з ним. Інструмент моделює поведінку та вподобання кожного потенційного клієнта, щоб передбачити, які маркетингові кампанії будуть найбільш релевантними для нього.

Таким чином, відбувається вплив на рішення, які приймають фахівці з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингового плану, з урахуванням отриманих рекомендацій від AI щодо прогнозування поведінки потенційних клієнтів на ринку, а керівництво підприємства (СУ) отримує якісні зміни у рішеннях фахівців з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингової стратегії. Взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, відбувається таким чином, що автоматизовані системи AI використовує об'єкт управління та AI впливає на результат прийняття рішень ОУ (рис. 1).

Діагностика стану об'єкту управління цим інструментом не відбувається, проте можлива за допомогою, наприклад, методів анкетування чи ін-

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

терв'ю. AI, надаючи рекомендації для прийняття рішень фахівцями з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингового плану, здійснює вплив на їх механізм вибору через інформованість.

Мобільний додаток Sens.ai зі штучним інтелектом аналізує ефективність вже існуючих публікацій у соціальних мережах за взаємодією потенційних клієнтів з ними, та надає рекомендації щодо створення більш результативних контент-стратегій.

Якщо фахівці з маркетингу (ОУ) використовують у роботі подібний інструмент, то керівництво (СУ) отримує якісні зміни у їх рішеннях під час розробки маркетингової стратегії і, зокрема, маркетингового плану, з урахуванням отриманих рекомендацій від AI щодо прогнозування поведінки потенційних клієнтів в соціальних мережах. Відбувається взаємодія економічних агентів у маркетинговій діяльності підприємства, де автоматизовані системи AI використовує об'єкт управління (фахівець з маркетингу) та AI впливає на результат прийняття рішень ОУ (рис. 1).

Діагностика стану об'єкту управління можлива за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю, але безпосередньо інструментом не проводиться. AI, здійснює рефлексивний керуючий вплив на механізм вибору фахівця з маркетингу (ОУ) через його рівень інформованості, надаючи рекомендації для прийняття рішень щодо розробки маркетингової стратегії на основі прогнозування поведінки потенційних клієнтів в соціальних мережах.

SaaS платформа Evolv [1], штучний інтелект якої використовує еволюційні алгоритми та в реальному часі аналізує поведінку клієнта на сайті, робить висновки, надає рекомендації, проводить швидкі А/В-тести для перевірки маркетингових гіпотез. Інструмент надає маркетологу інформацію про аналіз недоліків і переваг сайта компанії, на якому відбувається просування товарів, та допомагає прийняти відповідні рішення, на основі отриманих рекомендацій.

Отримавши рекомендації від AI, фахівець з маркетингу (ОУ) змінює рішення з урахуванням прогнозованої поведінки потенційних клієнтів на

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

сайті, а керівництво підприємства (СУ) отримує якісні зміни у рішеннях фахівців щодо розробки маркетингової стратегії. Таким чином, автоматизовані системи AI використовує об'єкт управління та AI впливає на результат прийняття рішень ОУ відповідно до рис. 1.

Інструмент Evolv не здійснює діагностику стану об'єкту управління, проте вона можлива за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю. Вплив на поведінку ОУ відбувається через його механізм вибору, а саме рівня інформованості щодо прогнозованої поведінки потенційних клієнтів на сайті.

Uberflip і Content Camel [1] – платформи зі штучним інтелектом, які відстежують і аналізують індивідуальний досвід кожного клієнта на сайті, відповідно до якого надають маркетологу рекомендації з контент-стратегії та динамічної персоналізації контенту. Оптимізовані таким чином контент-стратегії стають персоналізованим шляхом проведення кожного клієнту від інтересу до покупки.

У результаті використання інструменту фахівцями з маркетингу (ОУ) вони отримують рекомендації від AI щодо розробки результативної контент-стратегії сайту, а керівництво (СУ) отримує якісні зміни у рішеннях фахівців щодо розробки маркетингової стратегії. Відбувається взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, де ОУ використовує автоматизовані системи AI і отримані рекомендації впливають на його результат прийняття рішень (рис. 1).

Діагностика стану об'єкту управління не відбувається за допомогою інструментів Uberflip / Content Camel, але можлива за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю. Надаючи рекомендації фахівцю з маркетингу (ОУ) щодо контент-стратегії сайту підприємства, AI впливає на його інформованість і змінює результат вибору.

SaaS платформа Cortex [1] використовує штучний інтелект, який аналізує результативність контенту компанії та конкурентів компанії, та створює на його основі рекомендації щодо покращення контенту: нові ідеї для текстів та найкращий час для їх публікації. У результаті використання інструменту фахівцями з маркетингу (ОУ), керівництво (СУ) отримує якісні

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

зміни у рішеннях фахівців щодо розробки маркетингової стратегії, з урахуванням отриманих рекомендацій від AI щодо вдосконалення контент-стратегії та змін у маркетинговому плані для отримання більшої результативності (виконання споживачами цільових дій). Відбувається взаємодія економічних агентів в цифровому просторі, де автоматизовані системи AI використовує об'єкт управління та AI впливає на результат прийняття рішень ОУ відповідно зміні інформованості фахівця з маркетингу (рис. 1).

Діагностика стану об'єкту управління: не відбувається, можлива за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю. AI, надаючи рекомендації для прийняття рішень фахівцями з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингової стратегії, здійснює вплив на механізм вибору ОУ через інформованість.

Платформа GumGum [1] використовує штучний інтелект (комп'ютерний зір) для аналізу результативності зображень, а також вмісту сторінок у соцмережах, щоб надати рекомендації маркетологу з вибору відповідних сайтів для розміщення медійних оголошень, які б відповідали їх вмісту. У результаті використання інструменту фахівцями з маркетингу (ОУ), керівництво (СУ) отримує якісні зміни у рішеннях фахівців щодо розробки маркетингової стратегії, з урахуванням отриманих рекомендацій від AI щодо внесення змін у маркетинговий план на основі рекомендацій з площин (сайтів) для розміщення реклами. Таким чином, ОУ взаємодіє в цифровому просторі зі AI, в результаті чого відбуваються зміни в його механізмі вибору. (рис. 1).

Діагностика стану об'єкту управління: не відбувається, можлива за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю. AI, надаючи рекомендації для прийняття рішень фахівцями з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингової стратегії, здійснює вплив на механізм вибору ОУ через інформованість.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Terminus, Emarsys, Socialbakers [1] – платформи, штучний інтелект яких відстежує результативність маркетингової стратегії на усіх платформах, де здійснюється просування товару, візуалізує шлях клієнта, оптимізує воронки продажів і надає прогнозну аналітику.

У результаті використання інструменту фахівцями з маркетингу (ОУ), керівництво (СУ) отримує якісні зміни у рішеннях фахівців щодо розробки маркетингової стратегії, з урахуванням отриманих рекомендацій від AI щодо оптимізації маркетингової стратегії на основі проаналізованих даних її ефективності. Взаємодія економічних агентів в цифровому просторі також відповідає механізму, представленому на рис. 1, де автоматизовані системи AI використовують об'єкт управління та AI впливає на результат прийняття рішень ОУ.

В цьому випадку штучний інтелект не здійснює діагностику стану об'єкту управління, але її можна здійснити за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю. В даному випадку взаємодії штучний інтелект надає рекомендації для прийняття рішень фахівцями з маркетингу (ОУ) щодо розробки маркетингової стратегії, в результаті чого здійснює вплив на механізм вибору ОУ через інформованість.

Отже, в маркетинговій діяльності можливе використання інструментів з AI для управління маркетинговим відділом (фахівцями з маркетингу) на підприємстві. Особливістю таких інструментів, є надання рекомендацій фахівцям з маркетингу (ОУ) в процесі розробки маркетингової стратегії відповідно до завдань, поставлених керівництвом (СУ). В процесі використання подібних інструментів відбувається взаємодія економічних агентів в цифровому просторі яка відповідає механізму, представленому на рис. 1, де автоматизовані системи AI використовують ОУ та AI впливає на результат прийняття рішень ОУ.

Подібні інструменти зазвичай не здійснюють діагностику стану об'єкту управління, проте її можливо здійснити за допомогою методів анкетування чи інтерв'ю. Таким чином, в даному випадку взаємодії економічних агентів зі штучним інтелектом необхідним є додаткова діагностика стану

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

об'єкту управління для визначення його початкового стану, що означає додаткові фінансові і трудові витрати для управління поведінкою фахівців з маркетингу на підприємстві.

В цілому, використання подібних інструментів збільшує результативність маркетингової стратегії і ймовірність досягнення поставлених керівництвом цілей. Загрозою використання подібних інструментів є ймовірність погіршення якості у прийнятті рішень фахівців з маркетингу через невірне задання вихідних даних для аналізу і/або невірна інтерпретація отриманих рекомендацій. Для регулювання подібних загроз пропонується попередня експертна оцінка надійності і ефективності маркетингового інструменту зі штучним інтелектом перед його використанням, що також збільшує фінансові і трудові витрати для їх впровадження.

При врахуванні і попередженні усіх можливих ризиків і загроз, а також прорахунку економічної ефективності впровадження, використання маркетингових інструментів зі штучним інтелектом для управління поведінкою фахівців з маркетингу рекомендується до використання на всіх типах підприємств з наявним відділом маркетингу - від малого бізнесу до промислових підприємств і державних установ, а також на усіх видах ринках B2C (товари і послуги бізнесу для фізичних осіб), B2B (товари і послуги бізнесу для інших юридичних осіб) та B2G (товари і послуги бізнесу для держави).

Отже, використання штучного інтелекту, зокрема технології Bigdata та інструментів аналітики надає можливість маркетологам створити чіткіше уявлення свого потенційного клієнта та цільової аудиторії, ніж будь-коли раніше. Технології машинного навчання дозволяють виявити тенденції та передбачити основні реакції споживачів, удосконалити прогнозування їх подальших дій й визначення потреб споживачів.

Використання наведених інструментів в системі управління поведінкою фахівців з маркетингу на етапі створення маркетингової стратегії надасть можливість отримати наступний економічний і соціальний ефект:

- підвищення швидкості прийняття рішень фахівцями з маркетингу на кожному з етапів формування маркетингової стратегії, що призводить до

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

зменшення потреби у кількості залучених фахівців та затрачених трудоводин на кожен з етапів роботи;

- підвищення якості прийняття рішень фахівцями з маркетингу при формуванні маркетингової стратегії, що в довгостроковій перспективі призведе до підвищення результативності маркетингових заходів, оптимізації витрат на їх впровадження та як наслідок збільшення прибутків компанії.

Можливими вигодами від рефлексивного управління поведінкою фахівців з маркетингу з використанням інструментів штучного інтелекту можуть бути наступними:

- врахування суб'єктивних особливостей процесу прийняття рішень економічними агентами підвищує ефективність управління соціально-економічними системами;

- підвищення ефективності інформаційної взаємодії економічних агентів та якості рішень відповідно цілям соціально-економічних систем;

- спрямування дій економічних агентів у русло економічного розвитку та підвищення ефективності функціонування соціально-економічних систем макро- та мікро- рівнів;

- підвищення результативності дій економічних агентів у цифровому просторі за рахунок їх спрямування у русло суспільних інтересів та соціального та економічного розвитку держави;

- забезпечення інформаційної безпеки економічних агентів в процесі взаємодій у цифровому просторі.

Перспективним напрямком дослідження в межах моделювання процесів управління економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту є побудова та апробація рефлексивних моделей процесу прийняття рішень економічними агентами з використанням отриманих результатів діагностики їх поведінки за допомогою інструментів штучного інтелекту (щодо прогнозування поведінки економічних агентів у цифровому просторі до та після управління); формування переліку рекомендацій об'єкту/суб'єкту управління щодо рефлексивних/інформаційних керуючих впливів для забезпечення ефективного досягнення цілей соціально-

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

економічних систем; розгляд впливу та визначення можливостей та загроз використання інструментів штучного інтелекту для аналізу та управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі на макро- і мікрорівнях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шуміло Я. М. Інструменти штучного інтелекту для управління поведінкою економічних агентів в маркетинговій діяльності. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм. 2022. №15. С 60-68. DOI: 10.26565/2310-9513-2022-15-07.
2. Шуміло Я. М. Можливості і переваги використання інструментів штучного інтелекту у цифровій маркетинговій діяльності. Комерціалізація інновацій: захист інтелектуального капіталу, маркетинг та інновації: монографія. за ред. к.е.н., доц. Сагер Л.Ю., к.е.н., доц. Сигиди Л.О. Суми: Сумський державний університет, 2022. С. 141-150. ISBN 978-966-657-906-8.
3. Phillips-Wren G., Jain L. Artificial intelligence for decision making. International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. pp. 531-536.
4. Jarrahi M. H. Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. Business horizons. 2018. №. 4. pp. 577-586.
5. Fast N. J., Schroeder J. Power and decision making: new directions for research in the age of artificial intelligence. Current opinion in psychology. 2020. Т. 33. pp. 172-176.
6. Raisch S., Krakowski S. Artificial intelligence and management: The automation–augmentation paradox. Academy of Management Review. 2021. №. 1. pp. 192-210.
7. Thaler R. H., Sunstein C. R. Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness. Penguin, 2009. 306 p.
8. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія. К.: КНЕУ, 2011.– 439 с.
9. Турлакова С. С. Концептуальні положення управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту. Економіка та підприємництво. 2022. №49. С. 40–54. DOI:10.33111/EE.2022.49.TurlakovaS.

3.4. Методи і моделі Data Science в маркетинговому аналізі продуктового портфеля компанії

Одним з базових видів економічної діяльності в Україні є оптова та роздрібна торгівля, ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів, на долю яких приходиться від 12.2% ВВП в 2001 році до 14% в 2020 році [11]. Незважаючи на те, що в 2022 році за більшістю видів економічної діяльності спостерігався спад, прибуток такої сфери економічної діяльності як роздрібна торгівля, ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів збільшився на 6% при значному скороченні фізичного обсягу, тобто підприємницькі структури цієї сфери змогли зберегти позитивні тенденції розвитку [11]. В структурі цього виду економічної діяльності значна роль належить ремонту автотранспортних засобів, оскільки, незважаючи на те, що показник забезпеченості населення України автомобілями є відносно низьким – 250 автомобілів на 1000 населення (для порівняння в ЄС середній показник складає 500 автомобілів на 1000 населення), але середній вік автомобілів – 22,7 років, тобто в Україні найстаріший автопарк в Європі, що обумовлює високий попит на послуги з продажі автозапчастин та ремонту [1]. Саме тому обрана проблематика дослідження з розробки моделей Data Science в маркетинговому аналізі продуктового портфеля торгівельної автомобільної компанії є вельми актуальною на даний момент, тому що кількість автомобілів зростає, попит на їхнє обслуговування зростає, а разом з ними зростає і конкуренція між компаніями, які оказують послуги з доставки автозапчастин, що змушує їх постійно оцінювати вплив структури продуктового портфеля на їх конкурентоспроможність та здійснювати його оптимізацію.

Слід зазначити, що проблеми оцінювання конкурентоспроможності підприємств, продукції, конкурентної позиції, стратегічного аналізу, фінансового аналізу продуктового портфеля компанії розглянути в багатьох роботах вітчизняних та закордонних вчених [2-8, 10, 12-16, 18-19]. Однак питання оцінювання впливу конкурентоспроможності продукції (послуг)

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

торгівельних автомобільних компаній на загальну конкурентоспроможність досліджені недостатньо повно.

Запропонована концептуальна схема моделювання оцінки впливу конкурентоспроможності продукції на конкурентоспроможність торгівельної автомобільної компанії на підставі методів Data Science включає чотири етапи: 1) оцінка рівня розвитку підприємств на основі фінансово-економічних показників діяльності та даних характеристик продукції (послуг); 2) моделювання та прогнозування залежності загального таксономічного показника рівня конкурентоспроможності (КС) від локальних показників для визначення доміантних факторів КС; 3) оцінка конкурентоспроможності підприємств та їх приналежності до кластерів КС; 4) моделювання впливу конкурентоспроможності продукції на конкурентоспроможність підприємства.

Результатом реалізації цієї схеми є комплекс моделей, який включає: моделі рейтингування підприємств (М1); модель залежності загального таксономічного показника конкурентоспроможності від локальних показників для прогнозування рівня розвитку підприємства (М2); моделі класифікації підприємств за рівнем розвитку та конкурентоспроможності послуг (М3); моделі впливу конкурентоспроможності продукції на конкурентоспроможність підприємства (М4). Нижче наводиться їх стислий опис.

Цільовою спрямованістю розробки першого комплексу моделей (М1) є рейтингування підприємств для виділення торгівельних автомобільних компаній з найбільш високим рівнем КС. Для розробки моделі М1 використовується метод рівня розвитку [9].

Призначенням моделі М2 є пошук залежності загального таксономічного показника розвитку підприємства від локальних показників розвитку за окремими сферами та прогнозування рівня розвитку підприємства. Для розробки моделі М2 використовувались методи економетричного моделювання [17].

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Для розробки моделі М3 використовувалися такі методи кластерного аналізу, як ієрархічні методи та метод «к-середніх». Ієрархічні методи кластерного аналізу є зручним інструментом візуалізації даних. Вони дозволяють визначити кількість кластерів, на яку необхідно розбити вихідну сукупність. Метод «к-середніх» дозволяє отримати кластери, що не перетинаються, є зручним для обробки великих статистичних сукупностей. Вибір методів обумовлений наступними їх перевагами: простотою, гнучкістю, швидкою збіжністю [9].

Цільовою спрямованістю моделей М4 є оцінювання впливу конкурентоспроможності продукції, структури продуктового портфеля на конкурентоспроможність торгівельних автомобільних компаній. Для розробки моделей М4 використовується метод канонічних кореляцій [7, 9, 15]. Вибір методу зумовлений можливістю визначити пов'язаний спектр послуг, який дозволяє компанії отримати додатковий дохід.

Таким чином, реалізація запропонованої концептуальної схеми дозволить визначити рівні розвитку та конкурентоспроможності торгівельних автомобільних компаній, рівень конкурентоспроможності продукції цих підприємств та вплив конкурентоспроможності продукції, структури продуктового портфеля на загальний рівень конкурентоспроможності.

У якості вихідних даних під час розробки моделей використовувались фінансові індикатори за 10-ма автомобільними торгівельними компаніями Харківського регіону: коефіцієнти оцінки фінансової стійкості (коефіцієнт заборгованості (концентрації позикового капіталу), коефіцієнт довгострокової фінансової незалежності, коефіцієнт маневреності власного капіталу); коефіцієнти оборотності активів (кількість оборотів активів, кількість оборотів оборотних активів, період обороту оборотних активів); коефіцієнти рентабельності (коефіцієнт рентабельності продажів, коефіцієнт рентабельності активів, коефіцієнт рентабельності власного капіталу). Для оцінювання конкурентоспроможності 5-ти видів базової продукції (послуг з доставки автозапчастин) було обрано такі показники: виручка, валовий прибуток, витрати, інші доходи, середній чек. На основі змінних фінансово-

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

економічної діяльності підприємства та конкурентоспроможності продукції (послуг) були розраховані інтегральні показники рівня розвитку підприємств та конкурентоспроможності продукції, локальні інтегральні показники рівня фінансової стійкості (x2), ділової активності (x3), рентабельності (x4). Результати побудови економетричної моделі залежності рівня конкурентоспроможності підприємства від локальних інтегральних показників в середовищі Statistica представлені на рис. 1.

Regression Summary for Dependent Variable: Y (Spreadsheet19)						
R= .99586544 R ² = .99174797 Adjusted R ² = .98762196						
F(3,6)=240,36 p<.00000 Std. Error of estimate: .01445						
N=10	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(6)	p-value
Intercept			-0,115809	0,031415	-3,68644	0,010252
X2	0,515224	0,077362	0,392485	0,058932	6,65993	0,000554
X3	0,352684	0,088751	0,256272	0,064489	3,97387	0,007334
X4	0,422261	0,057192	0,432063	0,058520	7,38323	0,000317

Рис. 1. Результати побудови економетричної моделі

Таким чином, модель має вигляд:

$$Y = -0,115809 + 0,392485x_2 + 0,256272x_3 + 0,432063x_4$$

Результати, наведені на рис. 1, дозволяють зробити висновок, що підтверджується гіпотеза про найбільший вплив коефіцієнтів рентабельності на загальний таксономічний показник розвитку за фінансовими індикаторами діяльності підприємства.

Наступним етапом дослідження є кластерний аналіз, який здійснювався на підставі локальних інтегральних показників рівня конкурентоспроможності компаній (рис. 2).

Data: Spreadsheet13* (3v by 10c)			
	1 X1	2 X2	3 X3
1	0,8159	0,89201	0,5561
2	0,61081	0,56642	0,59818
3	0,40942	0,64729	0,8166
4	0,57919	0,4415	0,54792
5	0,66031	0,61619	0,50159
6	0,34434	0,30557	0,38497
7	0,45069	0,48095	0,5933
8	0,31836	0,35963	0,4343
9	0,72238	0,53457	0,39501
10	0,69074	0,7613	0,60546

Рис. 2. Значення локальних інтегральних показників

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Дендрограма класифікації за методом Уорда представлена на рис. 3.

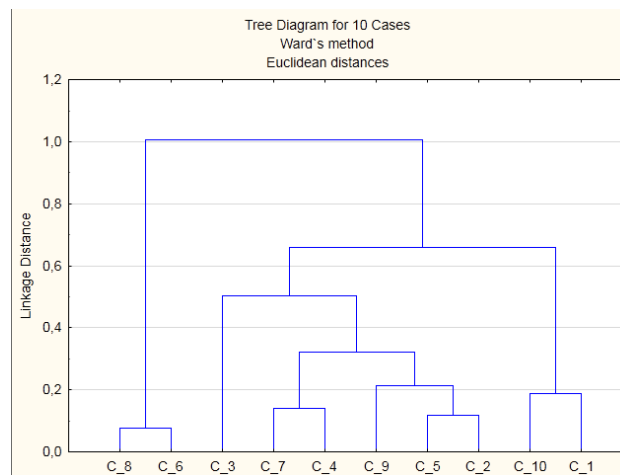
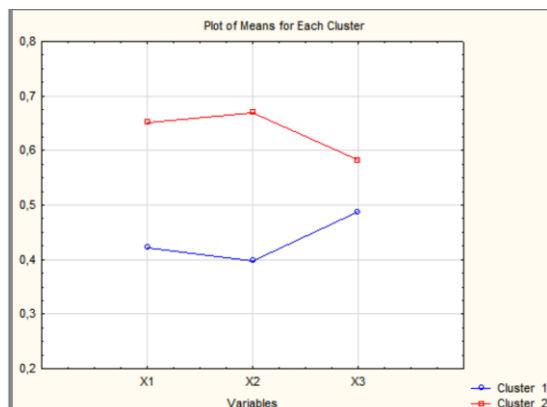


Рис. 3. Дендрограма класифікації

Склад та характеристики кластерів, отриманих за допомогою методу k-середніх, надані на рис.4.



Variable	Cluster Means (Sprea	
	Cluster No. 1	Cluster No. 2
X1	0,422500	0,651667
X2	0,397500	0,670000
X3	0,487500	0,581667

Рис. 4. Середні значення змінних у кластерах

Таким чином, бачимо, що за показником X3 (локальний інтегральний показник рівня рентабельності) значення різняться найменше, а за показником X2(локальний інтегральний показник рівня ділової активності) – найбільше. Також, можемо виділити кластер з високим рівнем КС – це кластер №2. Склад другого кластеру наведений на рис. 5.

Таким чином, 6-ть з 10-ти торговельних автомобільних компаній Харківського регіону відноситься до кластеру підприємств з високим рівнем

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

конкурентоспроможності, що свідчить про значний рівень конкуренції та цінового тиску.

Members of Cluster Number 2 (S ₂) and Distances from Respective Cl	
Cluster contains 6 cases	
Case No.	Distance
C_1	0,160422
C_2	0,063436
C_3	0,196304
C_5	0,055494
C_9	0,138169
C_10	0,058800

Рис. 5. Склад другого кластеру

На наступному кроці здійснимо кластерний аналіз підприємств на підставі інтегральних показників, які відбивають рівень конкурентоспроможності 5-ти базових видів продукції (рис.6).

	1 X1	2 X2	3 X3	4 X4	5 X5
1	0,5	0,74	0,64	0,61	0,56
2	0,51	0,39	0,47	0,52	0,38
3	0,59	0,35	0,62	0,42	0,54
4	0,43	0,46	0,48	0,44	0,49
5	0,48	0,55	0,49	0,58	0,52
6	0,34	0,47	0,46	0,59	0,55
7	0,49	0,32	0,41	0,42	0,5
8	0,33	0,46	0,57	0,41	0,41
9	0,49	0,47	0,47	0,52	0,57
10	0,68	0,71	0,47	0,56	0,33

Рис. 6. Вихідні дані для другої моделі кластерного аналізу

Отримуємо дендрограму класифікації за методом Уорда (рис. 7).

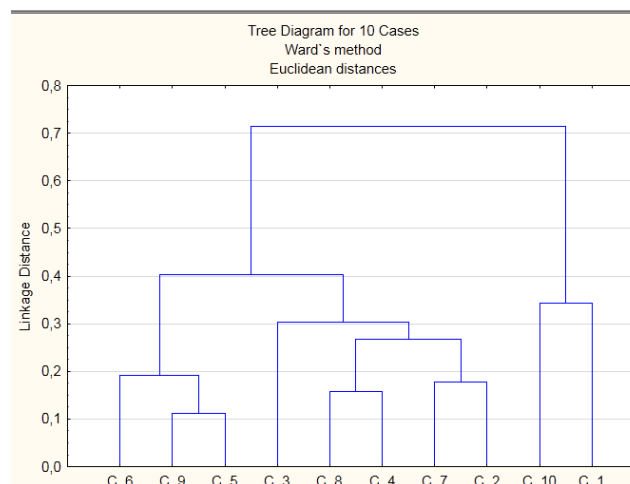


Рис. 7. Дендрограма класифікації за інтегральними показниками конкурентоспроможності продукції (послуг з доставки автозапчастин)

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Скористуємося методом k-середніх та виявимо кластер підприємств з високим рівнем конкурентоспроможності продукції (послуг з доставки автотзапчастин) (рис. 8).

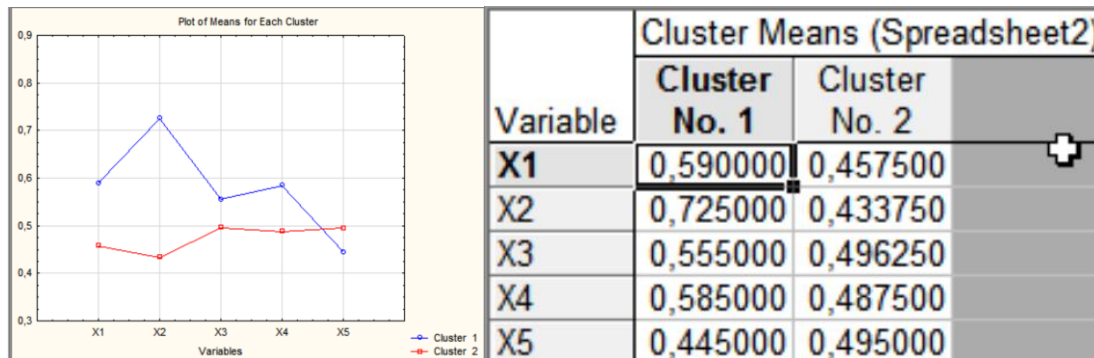


Рис. 8. Середні значення змінних у кластерах

Таким чином, бачимо, що за видами продукції з номерами 1-4, підприємства кластеру №1 мають більш високу оцінку конкурентоспроможності. Виключенням є продукція №5. Склад першого кластеру наведений на рис. 9.

Members of Cluster Number 1 and Distances from Respective Cluster contains 2 cases	
Case No.	Distance
C_1	0,076681
C_10	0,076681

Рис. 9. Склад першого кластеру підприємств

Підприємства з номерами 1 та 10 входять в найбільш конкурентний кластер як за показниками фінансово-економічного стану (рис.5), так і за показниками рівня конкурентоспроможності продукції. Однак підприємства з номерами 2, 3, 5, 9, які увійшли до високого кластера конкурентоспроможності за фінансово-економічним станом, мають більш слабкі позиції за показниками ефективності продуктового портфеля.

Заключним етапом дослідження є оцінка впливу конкурентоспроможності продукції на конкурентоспроможність підприємства за допомогою методу канонічних кореляцій. Вихідні дані представлені на рис. 10. Задача дослідження полягає у визначенні максимальних кореляційних зв'язків між

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

групами вихідних змінних для 10-ти досліджуваних підприємств по факторними змінними x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 , які є результатом розрахунків інтегральних показників конкурентоспроможності за категоріями послуг з доставки, та результативними змінними y_1, y_2, y_3 , які є результатом розрахунків локальних інтегральних показників за фінансово-економічними показниками підприємств.

	1 Y1	2 Y2	3 Y3	4 X1	5 X2	6 X3	7 X4	8 X5
1	0,82	0,89	0,56	0,5	0,74	0,64	0,61	0,56
2	0,61	0,57	0,6	0,51	0,39	0,47	0,52	0,38
3	0,41	0,65	0,82	0,59	0,35	0,62	0,42	0,54
4	0,58	0,44	0,55	0,43	0,46	0,48	0,44	0,49
5	0,66	0,62	0,5	0,48	0,55	0,49	0,58	0,52
6	0,34	0,31	0,38	0,34	0,47	0,46	0,59	0,55
7	0,45	0,48	0,59	0,49	0,32	0,41	0,42	0,5
8	0,32	0,36	0,43	0,33	0,46	0,57	0,41	0,41
9	0,72	0,53	0,4	0,49	0,47	0,47	0,52	0,57
10	0,69	0,76	0,61	0,68	0,71	0,47	0,56	0,33

Рис. 10. Вихідні дані для канонічних кореляцій

Результати аналізу наведені на рис. 11.

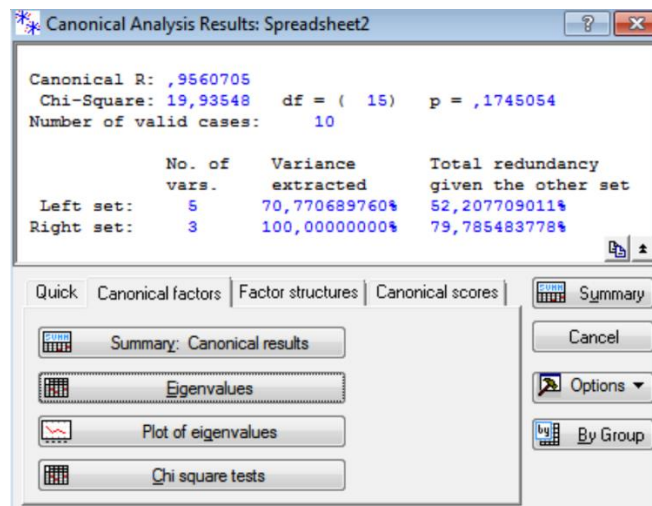


Рис. 11. Результати реалізації методу канонічних кореляцій

Коефіцієнт канонічної кореляції, який дорівнює $R = 0,95607$, свідчить про наявність сильної залежності між групами змінних. Графік «кам'янистого осипу» (рис. 12) дозволяє зробити висновок про статистичну значущість 2-х перших канонічних коренів.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

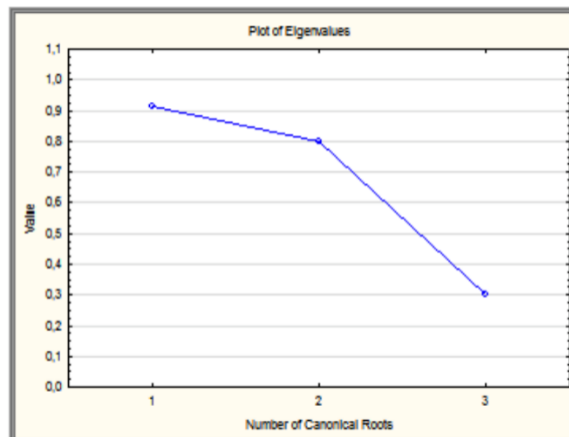


Рис. 11. Графік «кам'янистого осипу»

Факторні навантаження, які представляють собою кореляції між змінними з множин та відповідними до них канонічними змінними, наведені на рис. 12-13.

Variable	Factor Structure, left set (Spreadshe		
	Root 1	Root 2	Root 3
X1	0,819214	0,287120	0,442169
X2	0,578617	-0,771119	-0,019309
X3	0,560216	-0,005196	-0,744625
X4	0,333287	-0,791359	0,144602
X5	-0,075200	-0,158077	0,049584

Рис. 12. Факторна структура для множини факторних ознак

Variable	Factor Structure, right set (Spread		
	Root 1	Root 2	Root 3
Y1	0,615645	-0,473020	0,630265
Y2	0,977513	-0,159741	0,137665
Y3	0,649103	0,760391	-0,021684

Рис. 13. Факторна структура для множини результативних ознак

За результатами аналізу факторних навантажень можна зробити висновок, що найбільш сильно на показники фінансово-економічного стану впливає рівень конкурентоспроможності продукції з номерами 1, 2, 3 і це стосується, насамперед, показників ділової активності та рентабельності. Цей висновок підтверджує і діаграма розсіювання підприємств в просторі канонічних коренів (рис. 14-15).

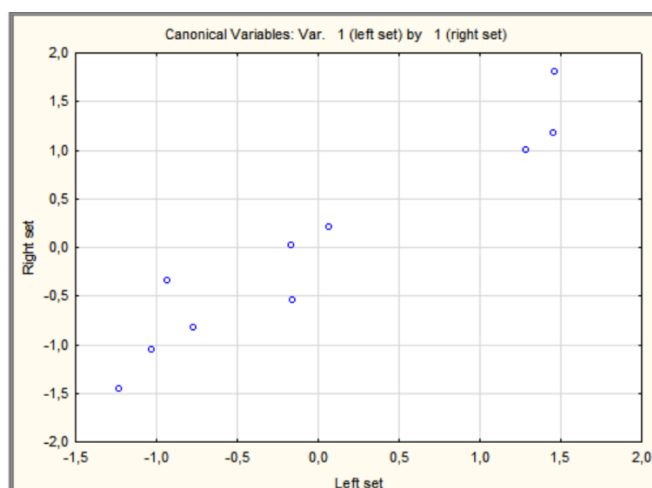


Рис. 14. Діаграма розсіювання першого канонічного кореня

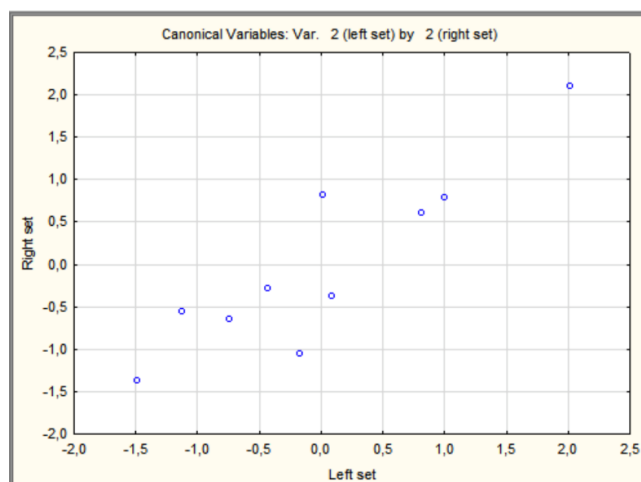


Рис. 15. Діаграма розсіювання другого канонічного кореня

Отримані на рис. 14-15 результати дозволяють зробити висновок, що для підприємств з високим рівнем конкурентоспроможності послуг з доставки характерним є більш високий рівень конкурентоспроможності загалом за показниками ділової активності, рентабельності та фінансової стійкості.

Система канонічних змінних має вигляд:

Для $R_1 = 0,95607$

$$U_1 = 0,756x_1 + 0,108x_2 + 0,479x_3 + 0,1585x_4 + 0,0387x_5$$

$$V_1 = -0,241y_1 + 1,119y_2 + 0,0848y_3$$

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Для $R^2 = 0,8955$

$$U_2 = 0,499x_1 - 0,864x_2 + 0,267x_3 - 0,2121x_4 - 0,1524x_5$$

$$V_2 = 0,264y_1 - 1,01y_2 + 1,267y_3$$

Таким чином, між множинами факторів (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) та результативних показників (y_1, y_2, y_3) існує сильна залежність та найбільший внесок у залежність вносять змінні x_1, x_2, x_3 та y_2, y_3 , тобто інтегральні показники конкурентоспроможності послуг з доставки гідравлічних підсилювачів керма, двигунів та електрообладнання, систем надуву та локальні інтегральні показники ділової активності та рентабельності.

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- на підставі методів таксономії сформовану систему інтегральних показників рівня конкурентоспроможності торгівельних автомобільних компаній, яка включає як комплексний показник, що дозволяє визначити компанію з найбільш сильними позиціями на ринку, так і локальні інтегральні показники за рівнем фінансової стійкості, рентабельності, ділової активності, що дозволяє провести діагностику конкурентної позиції (рис. 2);
- розроблена економетрична модель залежності загального рівня конкурентоспроможності від локальних показників, яка дозволяє визначити домінантні фактори впливу на рівень конкурентоспроможності торгівельних автомобільних компаній (рис.1);
- розроблені моделі класифікації торгівельних автомобільних компаній за загальним рівнем конкурентоспроможності та рівнем конкурентоспроможності продукції (послуг з доставки автозапчастин), які дозволяють проаналізувати структуру ринку, рівень цінового тиску, а також оцінити ефективність продуктового портфелю компанії (рис. 3-5, рис. 7-9);
- проведений аналіз взаємозв'язку локальних показників конкурентоспроможності компаній та рівня конкурентоспроможності продукції (послуг), який дозволив визначити види продукції, характеристики яких оказують найбільший вплив на рівень конкурентоспроможності компанії в цілому (рис. 11-15).

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

ЛІТЕРАТУРА

1. AUTO.24 Available from: https://auto.24tv.ua/ru/skolko_mashin_v_ukraine_mnogo_ili_malo_n43704
2. Gürbüz A.T. A Modified Strategic Position and Action Evaluation (SPACE) Matrix Method / A.T. Gürbüz // Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Vol II, IMECS 2013, March 13 - 15, Hong Kong
3. Guryanova L. Modeling the financial strategy of the enterprise in an unstable environment / L. Guryanova, T. Klebanova, T. Trunova// *ECONOM STUDIES* journal. – 2017. - issue 3. – pp. 91-109
4. Lidiya Guryanova, Stanislav Milevskyi, Elena Piskun, Maria Belyaeva, Liliya Kasyanenko. Methods and Models of Machine Learning in Managing the Competitiveness of Audit Companies. Guryanova, L., Yatsenko, R., Babenko, V., Dubrovina, N. (Eds.): *Machine Learning Methods and Models, Predictive Analytics and Applications, Proceedings of the Workshop on the XII International Scientific Practical Conference Modern problems of social and economic systems modelling (MPSESM-W 2020)*, Kharkiv, Ukraine, June 25, 2020, CEUR-WS.org, online. <http://ceur-ws.org/Vol-2649/> P. 77-91
5. Noche B. ABC-/XYZ Analysis Introduction / B. Noche // Universitat Duisburg Essen. Duisburg: Bernd Noche. 2014. Available from: https://www.uni-due.de/imperia/md/content/tul/download/en_ss2015_lm01_le_abc_analysis.pdf
6. Radder L. The SPACE Matrix: A Tool for Calibrating Competition/ L. Radder, L. Louw // *Long Range Planning*, 1998. -31(4) – pp. 549 - 559.
7. Sergienko, O. Models of Analyzing of the Competitive Environment in Estimation of the Bank's Economic Security / O. Sergienko, L. Guryanova, O. Sagaydachnay // *Збірник наукових праць «Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України»*. - Суми: ДВНЗ “УАБС НБУ”. - 2012. - № 35. - С. 220 – 230
8. Tafti S. F. Assessment and Analysis Strategies according to Space matrix-case study: petrochemical and banking industries in Tehran Stock Exchange (TSE) / S. F. Tafti, E. Jalili, L. Yahyaieian // *Social and Behavioral Sciences*. – 2013. – 99. – pp. 893 – 901
9. Бізнес-аналітика багатомірних процесів: навчальний посібник [Електронний ресурс] / Т. С. Клебанова, Л. С. Гур'янова, Л. О. Чаговець та ін. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2018. – 272 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу:<http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/22020>
10. Гуторова І. В. Використання рейтингових оцінок для аналізу конкурентоспроможності підприємств / І. В. Гуторова // *Вісн. СНАУ. Сер. «Економіка та менеджмент»*. – 2010. – No 6/1(41). – С. 80-85.
11. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukrstat.gov.ua>

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

12. Дикань, В. Л. Методичні підходи до оцінки конкурентоспроможності підприємства / В. Л. Дикань, Т. В. Пономарьова // Вісник економіки транспорту і промисловості. Серія «Економіка». – 2011. – Випуск 36. – С. 100–105.
13. Жовновач Р. І. Теоретико-методологічні підходи до оцінки конкурентоспроможності підприємств / Р. І. Жовновач. – Кіровоград: КНТУ // Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. – 2011. – С. 106-113.
14. Квятковська Л.А. Оцінка поточної та довгострокової конкурентоспроможності підприємства /Л.А.Квятковська, Л. Д. Воробйова // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. – 2011. – Випуск 26. – С. 181–187.
15. Клебанова, Т.С. Моделирование финансовых потоков предприятия в условиях неопределенности / Т.С. Клебанова, Л.С. Гурьянова, Н. Богониколос, О.Ю. Кононов, А.Я. Берсуцкий - Х.: ИД “ИНЖЭК”, 2006. – 312 с.
16. Кузьмін О. Є. Методи аналізу конкурентоспроможності підприємств / О. Є. Кузьмін, Л. І. Чернобай, О. П. Романко // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Випуск 21.10. – С. 159-166.
17. Прикладна економетрика [Електронний ресурс]: навч. посіб. у 2-х ч. Ч. 1 / Л. С. Гур'янова, Т. С. Клебанова, С. В. Прокопович [та ін.]; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. - Х.: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. - 248 с.
18. Рибницький Д. О. Сучасні підходи до оцінювання конкурентоспроможності підприємства / Д. О. Рибницький, Т. А. Городня // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Випуск 20.9. С.227–230.
19. Хрущ Н. А. Сучасні методичні підходи до оцінки конкурентоспроможності підприємства / Н. А. Хрущ, Л. В. Ваганова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 5, Т. 3. – С. 153-156.

3.5. Вплив інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами

На сьогодні тема штучного інтелекту стає все більш актуальною в наукових колах, оскільки технологія продовжує свій розвиток і стає все більш доступною для широкої аудиторії користувачів. Можливості штучного інтелекту використовується для автоматизації завдань, вирішення складних задач і розробки нових продуктів [1]. Дійсно, останні роки системи і методи штучного інтелекту (ШІ) стрімко розвиваються завдяки прогресу в обчислювальній потужності та алгоритмах.

Згідно з вибіркоким опитуванням 7502 підприємств у всьому світі, проведеним компанією Morning Consult на замовлення IBM, світова частка підприємств, які впровадили штучний інтелект, наразі становить 35%. Зокрема, у Китаї та Індії найвищі показники розгортання штучного інтелекту – 58% і 57% відповідно, тоді як у Канаді – 28%, у Великобританії – 26%, у США – 25% і в Південній Кореї – 22%. З опитаних підприємств 28% мають цілісну стратегію ШІ, 25% зосереджені лише на обмежених або конкретних випадках використання, а 37% розробляють стратегію ШІ [2].

Наразі штучний інтелект використовується для широкого спектру програм, включаючи робототехніку, автономні транспортні засоби, обробку природної мови, розпізнавання зображень, розпізнавання мови, розпізнавання обличчя і машинне навчання. Технологія Artificial Intelligence (AI) використовується для автоматизації таких завдань, як аналіз даних, процеси прийняття рішень і надання послуг клієнтам [3]. Однак, як перед користувачами методів та систем ШІ та науковцями стоїть задача дослідження впливу цих інструментів та виявлення результату їх дії.

Теоретичний аналіз штучного інтелекту вже давно досліджено такими вченими як Івахненко О.[4], Глушков В.[5], Таран Т. [6], про вплив алгоритмів штучного інтелекту на економіку досліджували такі вчені, як: Матвійчук А. [7], Азьмук А. [8], Андрощук А. [9], питаннями дослідження

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

інструментів штучного інтелекту в управлінні людськими ресурсами займалися Черненко Н.[10], Курепін В.[11], Піжук О. [12], в їх роботах було розглянуто питання продуктивності, досліджено використання різних інформаційно-технічних систем на підприємстві та розглянуто безліч автоматизованих систем (на основі штучного інтелекту) управління людськими ресурсами.

Однак питання дослідження впливу інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі не розглядалися, окрім того в контексті управління поведінкою людськими ресурсами ця тема залишається не дослідженою.

Наприклад в роботі [10] доволі детально розглянуто можливості використання ШІ інструментів в управлінні людськими ресурсами, досліджено процеси оптимізації людської праці завдяки інструментам, однак не приділено уваги питанням впливу цих інструментів на результат прийняття рішень, що робить це дослідження не закінченим.

В роботі [7] розглядаються питання впливу інструментів штучного інтелекту які ґрунтуються на концепції біологічної правдоподібності мозку, зокрема методів теорій нейронних мереж та нечіткої логіки, що дає змогу ширше поглянути на можливості використання алгоритмів штучного інтелекту в управлінні економічними агентами, однак в контексті управління людськими ресурсами ця тема потребує детального розгляду впливу інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами.

В дослідженні [13] було проаналізовано використання інструментів штучного інтелекту в сфері в управлінні поведінкою людськими ресурсами і доведено покращення ефективності управління персоналом завдяки використанню інструментів штучного інтелекту. Однак ця тема вимагає подальшого дослідження, а саме вивчення впливу інструментів штучного інтелекту в управлінні поведінкою людськими ресурсами на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

В статті [14] розглянуто сутність феномену впливу на інших людей як однієї з цілей міжособистісного спілкування, та доведено, що в системі управлінського спілкування одним з надійних засобів забезпечення бажаної його ефективності та досягнення заздалегідь визначених цілей спільної діяльності підлеглих виступають культура спілкування і розуміння керівником основних закономірностей самого феномену спілкування та його психологічних особливостей.

Але, по перше, тут досліджено психологічний вплив, а по друге, чи можливо порівнювати взаємовідносини людей між собою, та алгоритми штучного інтелекту з людиною? Алгоритми штучного інтелекту здатні виконувати завдання, подібні до тих, які виконують люди, наприклад, розпізнавати шаблони та приймати рішення. Однак стосунки між людьми та алгоритмами штучного інтелекту відрізняються від відносин між людьми, оскільки алгоритми штучного інтелекту не здатні думати чи відчувати емоції так само, як люди. Алгоритми ШІ можна використовувати, щоб допомогти людям приймати рішення, але вони не можуть замінити людське судження чи інтуїцію.

Якщо мова йде про управління чи вплив, то мається на увазі, що є об'єкт управління та суб'єкт управління, тобто вплив одного на іншого.

Об'єктом управління є особа, якою керують, а суб'єктом управління є особа або група, яка здійснює управління. Іншими словами, об'єкт управління – це те, чим керують, а суб'єкт управління – це те, хто або що здійснює управління. В дослідженні впливу інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами мається на увазі як інструменти штучного інтелекту (суб'єкти управління) впливають на користувачів (об'єктів управління).

В роботі [13] було показано декілька сценаріїв впливу об'єктів та суб'єктів управління та побудована інформаційна схема суб'єктів та об'єктів економічних відносин у цифровому просторі.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Наступним питанням в даному дослідженні постає визначення цілей управління, так як від цього буде залежати весь процес управління, а отже і результат управління.

Більшість розглянутих інструментів це комерційні інструменти – тобто ціль таких інструментів, це поступове затягування клієнтів та продаж особистих послуг з подальшим отриманням вигоди.

Однак існують інструменти штучного інтелекту і в управлінні поведінкою людськими ресурсами, які налаштовуються під задачі окремої компанії (зазвичай тієї, яка замовляє послуги інструментів ШІ). В цьому випадку об'єктом управління стають користувачі програми а суб'єктами управління керівництво компанії, а самі алгоритми ШІ будують відносини між об'єктом та суб'єктом управління.

Сам процес впливу вибудовується через непрямі механізми, щоб об'єкт управління не помітив, або якщо помітив, то не був ображений методами які були застосовані проти нього. Такі непрямі механізми можуть включати в себе різноманітні підхоплення підконтрольної інформації, використання аналізу даних та використання прогностичних моделей, що дозволяють прогнозувати поведінку об'єкта управління.

В деяких випадках, використовуючи непрямі механізми, можна змінити деякі параметри середовища або дії самого об'єкта управління, що призводить до досягнення бажаного результату без прямого втручання в процес управління. Наприклад, якщо економічний агент не виконує певні умови угоди, то можна змінити ці умови так, щоб результат став задовільним для обох сторін.

Такі непрямі механізми можуть бути ефективні в управлінні поведінкою економічних агентів, оскільки дозволяють досягнути бажаного результату без прямого втручання в дії самого об'єкта управління.

Автор [15] зазначає, що без урахування поведінкових аспектів наявні моделі не дають можливості розробляти ефективні економічні стратегії, в той час, як західна економічна наука вирішує це питання, використовуючи

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

концептуальні положення теорії поведінкової економіки. Тож, можна зазначити, що для ефективного управління необхідно урахування всіх поведінкових аспектів об'єкта управління з подальшим коригуванням поведінки.

Визначення понятійної складової

Вплив – це зміна, яку одна людина або група людей може мати на іншу людину, групу або суспільство в цілому. Це може бути позитивний або негативний вплив, залежно від того, які зміни відбуваються. Вплив може проявлятися у багатьох формах, таких як мова, дії, думки, ідеї, поведінка, приклад, ресурси, влада і т.д [16].

Вплив на економічного агента – це зміни в умовах функціонування, діяльності та результатів діяльності економічного агента, що відбуваються під впливом різноманітних факторів зовнішнього середовища, таких як законодавство, конкуренція, технологічні та економічні інновації, зміни в споживчих звичках та багато іншого [17].

Оскільки економічний агент завжди діє в умовах зовнішнього середовища, вплив на нього є невід'ємною складовою функціонування в сучасному економічному світі. У залежності від того, як економічний агент реагує на вплив, він може досягти успіху та високих результатів, або зазнати невдачі та неуспіхів.

Визначення цілей впливу на об'єкт управління людськими ресурсами

В контексті управління поведінкою людськими ресурсами для забезпечення досягнення певного результату прийняття рішень економічними агентами у цифровому просторі можна визначити, що процес управління – це забезпечення максимальної ефективності використання ресурсів задля досягнення стратегічних цілей підприємства.

Зазвичай управління людьми та організаціями здійснюється за допомогою інформаційних керуючих впливів. Під час передання інформації від керівника до підлеглого має значення не тільки зміст цієї інформації (що необхідно зробити, чого треба досягти, яким чином слід виконувати роботу, на що звертати увагу), а й форма, в якій цей зміст «запаковано». Змінювати

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

«упаковку» інформації можна за допомогою різних методів і прийомів управлінського впливу [18]. Розглянемо найбільш відомі із останніх.

Аналіз існуючих методів впливу на економічних агентів

Для початку розглянемо існуючі методи впливу на економічних агентів, методів впливу дуже багато, вони поділяються на різні категорії та типи, однак якщо підсумувати можна виділити, ті які повторюються в усіх матеріалах.

Існують два основні типи впливу [19]:

1. Ціленаправлений та дезорієнтований – тобто вплив на людину може бути навмисним і ненавмисним. Навмисний метод впливу на людину відбувається за чимось, і чомусь (тобто є мета), а ненавмисний – тільки чомусь (тобто має лише причину, наприклад, чарівність).

2. Імперативні та неімперативні – неімперативні методи впливу на людину (прохання, порада, переконання, похвала, підтримка і розрада) та імперативний метод вплив (накази, вимоги, заборони і примуси). Ще є дисциплінарні методи впливу на людину (попередження, догани та покарання); погрози (залякування); само натхнення; критика; чутки та плітки.

Розглянемо кожен із них більш докладно:

Перший і найбільш нераціональний метод управління це – метод покарання. Це вплив на об'єкт управління за допомогою явної або неявної загрози покарання. У цьому разі співробітник виконує розпорядження керівника тільки для того, щоб уникнути покарання в тому чи іншому сенсі (штрафу, догани, звільнення, погіршення стосунків, втрати репутації тощо).

Другий схожий на нього метод – вплив закону або правил, під час постановки завдання об'єкту управління відбувається посилення на якісь обов'язкові умови (законодавство, інструкції, трудовий розпорядок та ін.), що діють в організації, на взаємні домовленості, на групові норми та інші, на цьому будується більшість взаємовідносин.

Третій метод прикладу – це посилення на авторитетні джерела, власний досвід суб'єкта управління або досвід інших людей.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Четвертий метод це – критика – вплив через мотивуючу критику дій співробітника, але не самого співробітника. Зазвичай тут існують певні правила, яких слід дотримуватися, щоб у результаті критики створити в людини певну мотивацію на вирішення завдання. Однак, у багатьох випадках критика з боку об'єкту управління має зворотний ефект – демотивацію.

Наступний п'ятий метод – це залучення, сенс методу в тому, щоб сам об'єкт управління сам взяв участь у розробці або ухваленні того рішення, яке йому доведеться потім виконувати. Це рішення має стати для нього "рідним, близьким". Немає потреби говорити про те, що мотивація до виконання своїх рішень буде набагато вищою, ніж рішень, спущених згори.

Шостий – метод винагороди – вплив через обіцянку тієї чи іншої винагороди. Це те, що ще називають стимулюванням. Загальний принцип: "Якщо зробиш це, то отримаєш це". Так само як і у випадку з покаранням, важливо розуміти, що має цінність для співробітника, яка винагорода буде для нього значущою. Винагорода не повинна зводитися до банальних форм – гроші, подарунки, пільги, статус. Винагорода має враховувати більш складні потреби і мотиви особистості.

Сьомий метод навіювання – психологічний вплив за допомогою введення об'єкту управління в стан повної несвідомості. Навіювання можливе за допомогою сили погляду або за допомогою слів. Здатність до навіювання – це природний дар, з іншого боку, є спеціальні прийоми, за допомогою яких можна викликати на деякий час розлад свідомості людини і в цей час "вкидати" в її підсвідомість певну інформацію, що спонукає її до дій.

І останній найбільш чесний, це метод переконання – сенс переконання в тому, щоб співробітник усвідомив важливість або необхідність розв'язання того чи іншого завдання або виконання дій певним способом. У процесі переконання теж можуть використовуватися спеціальні технології.

Однак всі ці методи недосконалі та мають багато недоліків, які чи мають негативний вплив на об'єкт управління, чи неможливі в застосуванні при управлінні поведінкою людськими ресурсами у цифровому просторі.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Однак поведінкова технологія передбачає ще один метод управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі – це метод рефлексивного управління.

Дослідження необхідності використання методу рефлексивного управління в системі управління поведінкою людськими ресурсами на основі інструментів штучного інтелекту

Рефлексивного управління [20] з використанням інструментів штучного інтелекту передбачає вплив на об'єкт управління з подальшою оцінкою цього впливу безпосередньо на об'єкт та весь процес управління з можливістю подальшого дослідження впливу інструментів штучного інтелекту в управлінні поведінкою людськими ресурсами на результат прийняття рішень економічних агентів.

Сутність рефлексивного управління в контексті впливу інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами полягає у тому, що метод рефлексивного управління дозволяє використовувати непрямий вплив на об'єкт управління для забезпечення такого результату прийняття рішень економічними агентами який є цільовим/вигідним/бажаним для суб'єкта управління.

Згідно концепції [21] було визначено основні рефлексивні характеристики агентів управління, які впливають на процес прийняття рішень в процесі взаємодій у цифровому просторі і визначають застосування керуючих впливів суб'єктом управління, а саме: інтенціональна спрямованість, компетентність, інформованість та інтенсивність взаємодії з цифровим простором.

Таким чином, запропонований в [21] рефлексивний метод управління передбачає інформаційний вплив інструментів штучного інтелекту на об'єкт управління з подальшою оцінкою цього впливу безпосередньо на об'єкт управління, на результат прийняття рішень економічними агентами, тобто на весь процес управління поведінкою людськими ресурсами.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Отже, інформаційний вплив є невід'ємною складовою рефлексивного управління [22], оскільки цей підхід передбачає постійну перевірку дій суб'єкту управління на якість взаємодії з об'єктом управління, що дозволяє в цілому підвищити якість управління економічними агентами.

Вплив може бути здійснений через різноманітні форми комунікації, які дозволяють керівнику налагодити взаємодію зі своїми співробітниками та іншими зацікавленими сторонами, та враховувати їх потреби у процесі управління.

Тож розглянемо вплив інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами.

Визначення рівня довіри алгоритмам штучного інтелекту в управлінні поведінкою людськими ресурсами.

Вище розглянуто, що вплив не обов'язково може бути прямим – вплив може бути виражений в рекомендації. Зокрема, при використанні в сфері управління людськими ресурсами інструментів штучного інтелекту формуються рекомендації, на основі яких користувач системи може приймати рішення, погоджуватися чи ні.

Сучасні технології, такі як системи штучного інтелекту, можуть зібрати та обробити велику кількість даних про користувача, його поведінку та інтереси, що дозволяє згенерувати персоналізовані рекомендації для користувача.

Ці рекомендації можуть бути використані користувачем для прийняття рішень в різних сферах життя, включаючи економічну діяльність. Важливо пам'ятати, що рекомендації, незважаючи на те, що вони базуються на обробці великої кількості даних та застосуванні алгоритмів штучного інтелекту, не є безпомилковими.

Вони можуть бути недостатньо точними чи неповними, тому користувач повинен завжди оцінювати рекомендації та здійснювати власну оцінку ризиків і можливостей перед тим, як приймати рішення.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Рівень довіри до рекомендацій, згенерованих системами штучного інтелекту, залежить від кількох факторів, таких як якість даних, алгоритмів та методів, що використовуються для аналізу даних, а також від обсягу та якості навчання моделі.

Тож розглянемо, основні фактори, які можуть характеризувати рівень довіри до рекомендацій штучного інтелекту [23]:

1. Прозорість та пояснюваність.

Чим більш прозорим та зрозумілим є алгоритм, який використовується для генерації рекомендацій, тим більш високий рівень довіри може бути у користувачів. Користувачі повинні мати змогу розуміти, які фактори враховуються в системі та як саме вони впливають на рекомендації.

2. Інтерпретованість.

Чим більш просто користувач може інтерпретувати та зрозуміти рекомендації, тим більш високий рівень довіри може бути у нього до системи.

3. Якість взаємодії з користувачем.

Чим більш якісно та ефективно система взаємодіє з користувачем, тим більш високий рівень довіри може бути у нього до рекомендацій.

4. Репутація та надійність продукту.

Репутація та надійність системи можуть вплинути на рівень довіри користувачів. Якщо система має добру репутацію та зарекомендувала себе як надійний інструмент, то користувачі можуть бути більш схильні довіряти її рекомендаціям.

Тож, як бачимо рівень довіри формується великою кількістю факторів, які можуть в цілому вплинути на кінцеве рішення користувача[24].

Рівень довіри до рекомендацій штучного інтелекту прямо пропорційно впливає на рішення, які користувач приймає на основі цих рекомендацій.

Якщо користувач не довіряє рекомендаціям, то він може не виконати їх або знайти інші джерела інформації для прийняття рішення. З іншого

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

боку, якщо користувач довіряє рекомендаціям, то він може легше та швидше приймати рішення, що може бути важливо в умовах швидкозмінюваного ринку.

Прозорість та пояснюваність алгоритмів можуть бути важливими для користувачів, оскільки це допомагає їм зрозуміти, які фактори враховуються в системі та як саме вони впливають на рекомендації [25]. Якщо користувач може легко зрозуміти, як працює система, то він може більш довіряти її рекомендаціям та приймати рішення на їх основі.

Якість взаємодії з користувачем може бути важливою для тих користувачів, які не мають достатньої кількості знань про те, як працює система. Якщо система може допомогти користувачам зрозуміти рекомендації та пояснити їх значення, то це може сприяти збільшенню рівня довіри до системи та рекомендацій, які вона генерує на основі зібраних даних.

Висновки

Дослідження впливу інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами показало, що існує безліч методів комунікації, взаємовідносин та впливу суб'єкту управління на об'єкт управління. Однак більшість цих методів є неприйнятними в контексті управління людськими ресурсами, бо ці методи управління є маніпулятивними, що може образити об'єкт управління чи вплинути на процес управління в цілому.

Впровадження засобів штучного інтелекту в процес прийняття рішень суб'єктами управління в цифровому просторі може мати як позитивні, так і негативні наслідки. З одного боку, прийняття рішень на основі штучного інтелекту може допомогти організаціям приймати більш обґрунтовані та точні рішення, що призведе до підвищення ефективності та економії коштів.

А з іншого боку це впливає на якість взаємодії з об'єктом управління (клієнтом чи користувачем) інструментів на основі штучного інтелекту, тому вибір методу управління є надзвичайно важливим.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Розглянутий рефлексивний метод управління людськими ресурсами на основі штучного інтелекту є максимально безпечним, для побудови ефективної взаємодії (впливу), тобто спричиняє позитивний вплив на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами.

Визначено, що особливість рефлексивного управління полягає в тому, що сам процес впливу вибудовується через непрямі механізми впливу, такі непрямі механізми можуть включати в себе різноманітні підхоплення підконтрольної інформації, використання аналізу даних та використання прогностичних моделей, які дозволяють прогнозувати поведінку об'єкта управління та формувати списки рекомендацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Штучний інтелект в Україні: в яких галузях планують застосовувати ШІ. Слово і Діло. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/05/06/infografika/suspilstvo/shtuchnyj-intelekt-ukrayini-yakux-haluzuax-planuyut-zastosovuvaty-shi> (Дата звернення 24.03.2023)
2. Lin I., Taipei, Hwang A. AI adoption rising, says IBM survey. URL: <https://www.digitimes.com/news/a20220706PD203.html> (Дата звернення 24.03.2023)
3. Lohvinenko V. Генезис понятия штучного інтелекту в контексті управління поведінкою економічних агентів. XVII Міжнародна науковопрактична конференція. «Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice», 03-06 травня 2022 р., Токіо, Японія С. 233-235.
4. Івахненко А.Г., Юрачковський Ю.П. Моделирование складних систем за експериментальними даними. - М.: Радіо і зв'язок, 1987. - 120 с.
5. Глушков, В.М. О некоторых задачах вычислительной техники и связанных с ними задачах математики. В кн.: В. М. Глушков. Избр. труды. Т.1. – К.: Наукова думка, 1990. 262 с
6. Таран В.М Навчання мережі Байеса при моделюванні зсувних процесів Південного берега Криму . Штучний інтелект. 2008. № 3. С. 600-609.
7. Матвійчук А.В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія. К:КНЕУ, 2011, 439 с.
8. Азьмук Н. А. Штучний інтелект у процесі праці у цифровій економіці: нові виклики та можливості. Економічний вісник Донбасу. - 2019. - № 3. - С. 137-145
9. Андрощук Г. Тенденції розвитку технологій штучного інтелекту: економіко-правовий аспект. Теорія і практика інтелектуальної власності. - 2019. - № 3. - С. 84-101.
10. Черненко, Н. (2022). Штучний інтелект в управлінні персоналом. Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка, (12), 76-83.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

11. Курепін В.М. роль штучного інтелекту в управлінні персоналом та професійними ризиками на підприємствах. Управління соціально-економічними трансформаціями господарських процесів: реалії і виклики: збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Мукачево, 6-7 квітня 2022 р.). – Мукачево: МДУ, 2022. С. 118-120.
12. Піжук О. І. (2019). Штучний інтелект як один із ключових драйверів цифрової трансформації економіки. Економіка, управління та адміністрування, (3(89)). С. 41–46.
13. Логвиненко Б. І. Дослідження методів управління поведінкою економічних агентів на підприємствах з використанням інструментів штучного інтелекту. Економіка промисловості. 2022. № 5 (97). С. 81-92. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2022.04.078>
14. Кострікін О. В., Тщенко Л. М. Психологічні аспекти впливу на людей в системі філософії управлінського спілкування. Філософія спілкування: Філософія. Психологія. Соціальна комунікація. 2009. № 2. С. 114-119
15. Солодухін С. В. Сучасні підходи до аналізу впливу поведінкових факторів в управлінні економічними об'єктами / С. В. Солодухін, Є. С. Шайтанова // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія : Міжнародні економічні відносини та світове господарство. - 2017. - Вип. 15(2). - С. 129-132.
16. Костюк Г. С. Навчально-виховний процес і психічний розвиток особистості / За ред. Л. М. Проколієнко. – К., 1989
17. Ушакова И. А. Соціальні мережі, як засіб впливу на взаємовідносини з клієнтами / И. А. Ушакова // Системи обробки інформації. - 2012. - Вип. 8. - С. 54-58
18. Cone Finds that Americans Expect Companies to Have a Presence in Social Media [Electronic resource]. – Access to: <http://www.coneinc.com/content1182>.
19. Москаленко В.В., Психологія соціального впливу: Навчальний посібник – К., 2007. – 448 с.
20. Рефлексивные процессы в экономике: концепции, модели, прикладные аспекты: моногр. / Р.Н. Лепа, С.Н. Шкарлет, Ю.Г. Лысенко и др.; под ред. Р.Н. Лепы / НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. – Донецк: АПЕКС, 2012. – Т.1 – 560 с.
21. Турлакова С.С. Концептуальні положення управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту. Економіка та підприємництво. 2022. №49. С. 40–54. DOI: DOI 10.33111/EE.2022.49.
22. Черепехіна О. А. Рефлексивне середовище як чинник формування професіоналізму майбутніх психологів у ВНЗ / О. А. Черепехіна. - С. 70-72
23. Ярмак О.В., Єчина Л.В. Довіра у системі відносин обміну інтелектуальними послугами на підприємстві. Науковий вісник
24. Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент №31. С. 22–26
25. Залознова Ю.С. Економічні та соціальні проблеми розвитку промисловості: монографія. Київ: НАН України, Ін-т економіки промисловості, 2017. 288 с.
26. Марченко О.С. Консалтингові ресурси національних інноваційних систем. Економіко-теоретичний аналіз: монографія. Харків: Право, 2008. 280 с.

3.6. Оптимізація реплікації даних в розподілених корпоративних системах на основі моделі ESDS

В останні десятиріччя відбулося вибухове розширення та підвищення ефективності використання мережевих комп'ютерних систем, що супроводжувалося розширенням доступу до мережевих ресурсів через WWW, різким зростанням бездротового зв'язку, розповсюдженням мобільних мереж, різким падінням цін та одночасним підвищенням показників продуктивності пристроїв зберігання та обробки даних. З цим пов'язаний швидкий стрибок розподілених додатків і супутній інтерес до сфери розподілених обчислень.

Загалом розподілені мережі дають змогу використовувати багато просторово розділених ресурсів для спільної роботи чи виконання завдання, які кожен з окремих елементів не міг би зробити самостійно. Наприклад, у розподіленій системі можна використовувати кілька пристроїв, які співпрацюють шляхом спільного використання ресурсів центрального процесора або пристрою зберігання даних, що може забезпечити більш гнучкий доступ до ресурсів та більш ефективний обмін даними шляхом їх централізованого зберігання, або можна забезпечити надійність і відмовостійкість шляхом усунення окремих точок відмови.

Для досягнення цих завдань потрібні деякі спеціалізовані служби та алгоритми. Для відмовостійкого зберігання та обміну даними, наприклад, зазвичай потрібна певна реплікація даних. Зберігання даних на одному пристрої створює єдину точку збою та велике навантаження на ресурси на цьому конкретному пристрої. Реплікація даних, однак, піднімає питання збереження атомарності, служба повинна буде гарантувати, що однакові дані зберігаються в кожній точці реплікації.

Розв'язування проблем розподілення ресурсів комп'ютерної мережі надзвичайно актуальне для розвитку сучасних корпоративних інформацій-

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

них систем. Концепція Індустрії 4.0, яка насамперед, потребує більш гнучких виробничих та логістичних процесів, ставить завдання кардинальної зміни інформаційно-комунікаційних підходів.

В великих системах управління виробничими системами використовуються два способи зберігання даних: централізований та децентралізований. Централізований підхід представляє основну ідею ERP-системи, де всі важливі для компанії дані зберігаються в одному місці, щоб уникати надмірностей і невідповідностей, що збільшує розмір бази даних та вимагає застосування спеціальних технологій отримання інформації у прийнятні терміни. Крім того, аналіз проблем гнучкого контрольованого виробництва показує, що не всі дані доступні заздалегідь і тому не можуть зберігатися централізовано. Наприклад, ідентифікатор етапу виробничого процесу має визначатись динамічно, тому робочі інструкції мають зберігатися децентралізовано, ближче до фізичного процесу виготовлення, але загальні дані, такі як матеріали та технологічні процеси повинні зберігатися централізовано. Ось чому в Індустрії 4.0 важливо балансувати централізоване та децентралізоване зберігання даних щоб уникнути надмірностей і невідповідностей і реалізувати бажану гнучкість.

Розробка систем, які ефективно й результативно вирішують ці проблеми є складним завданням. Системи часто складаються з різномірністю обчислювальних пристроїв і характеризуються одночасним та асинхронним виконанням операцій. Це ще більше ускладнюється, коли базова логічна структура мережі є динамічною, з хостами, які постійно приєднуються та відмикають.

Деякі з цих труднощів можна подолати за допомогою формальних структур специфікації. Спеціальні інструменти, такі як фреймворк Timed I/O Automata [1] і пов'язані з ним Tempo Language and Toolkit [2] спрямовані на допомогу в проектуванні розподілених систем і підтвердження оптимальності їх структур.

Правильна специфікація, однак, є лише частиною проблеми. Розгортання зазвичай має великий вплив на продуктивність системи. Наприклад,

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

при розміщенні критичного ресурсу на пристрої недостатньої потужності швидкість зв'язку в мережі з рештою значно вплине на загальну продуктивність системи. Спільне розміщення компонентів на одному хості забезпечує швидкий і дешевий зв'язок, але це також перешкоджає надійності та міцності, створюючи одиничні точки відмови. Розповсюдження програмного забезпечення компонентів серед хостів у мережі дозволяє більш ефективно використовувати обробку та зберігання ресурсів і покращує відмовостійкість. Однак це також викликає затримки зв'язку між різними компонентами.

Таким чином, проблема розгортання визначеної розподіленої системи в мережевій структурі зазвичай складається з відображення компонентів системи на хости мережі. Це відображення підлягає певним обмеженням. Наприклад, певні компоненти потрібно буде відокремити, тоді як інші повинні бути розміщені разом, щоб функціонувати належним чином. Крім того, не всі хости можуть підтримувати всі компоненти або обмеження пропускну здатності.

Вхідними даними задачі оптимального розгортання є набір програмних компонентів із пов'язаними частотами зв'язку, і набір хостів із пов'язаними затримками зв'язку. Метою є призначення компонентів хостам, таким чином, що мінімізується певна цільова функція, яка визначена за обмеженнями на набори компонентів або хостів, які повинні або не можуть бути призначені в заданих умовах.

Проблема розгортання для розподілених систем вперше була розглянута в [3, 4, 5, 6], однак результати були незадовільними. Були використані різні методи математичного програмування та для багатьох випадків проблему не вдалося вирішити при розумних часових обмеженнях. Проблема розгортання служб даних із можливою серіалізацією була повторно розглянута в [7], де використовувалися два методи: змішане цілочисельне програмування і програмування з обмеженнями. Результати були набагато більш задовільними. Було показано, що підхід програмування обмежень значно

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

перевершує змішаний цілочисельний підхід для цієї конкретної проблеми, і багато випадків можна вирішити у розумний строк.

В цій роботі проблема розгортання розподіленої системи розв'язується для типової статичної архітектури розподілених систем. Найпростіша реалізація такої система використовує єдиний централізований об'єкт даних, до якого можна отримати доступ з кількох клієнтів. Однак у цьому простому підході є дві великі проблеми: система має одну точку збою, і через перевантаження погано масштабується, оскільки кількість клієнтів може збільшуватися.

Для вирішення цих проблем більшість розподілених служб даних використовують певну форму реплікації. Об'єкт даних копіюється в кількох місцях, до кожного з яких можна отримати незалежний доступ. Цей підхід усуває єдину точку відмови та дуже добре масштабується, оскільки кількість реплік можна збільшити, а навантаження можна збалансувати між ними.

Таким чином, ми маємо розв'язати задачу призначення кожного клієнта певному хосту, який містить репліку даних в мережі. Це призначення має певні обмеження. Метою розгортання є мінімізація загальних затримок або вартості зв'язку.

Інструменти та методи досліджень

Розв'язування задачі оптимізації розгортання розподіленої системи базуватиметься на технології серіальних служб даних (Eventually-Serializable Data Services, ESDS) [8], яка призначена для забезпечення більш ефективної роботи розподілених баз даних з репліками.

Реплікація даних є фундаментальною технікою в розподілених системах: вона покращує доступність, збільшує пропускну здатність і усуває окремі точки відмови. Однак існують додаткові витрати на зв'язок, пов'язані з реплікацією даних, щоб підтримувати узгодженість між репліками.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

ESDS зменшує витрати на зв'язок, дозволяючи користувачам вибірково пом'якшувати миттєві вимоги узгодженості в обмін на покращену продуктивність, забезпечуючи при цьому довгострокову узгодженість даних.

Служба даних із можливістю серіалізації складається з трьох типів компонентів: клієнтів, інтерфейсів, і репліки. Клієнти отримують доступ до даних, надаючи запити та отримуючи відповіді. З кожною операцією, яку запитує клієнт, він може вказати попередній набір, який містить операції, що мають бути зроблені перед запитаною операцією. Клієнт також може вказати запитану операцію як сувору. Суворі операції повинні бути стабільними під час відповіді, тобто всі операції, які їй передують, повинні бути повністю впорядковані. Операції, які не є суворими, можуть повертати результат швидше, але ці операції можуть бути змінені навіть після повернення відповіді. Переупорядкування, однак, має завжди дотримуватися встановлених клієнтом обмежень.

Клієнти не спілкуються безпосередньо з репліками, натомість вони спілкуються з інтерфейсами. Інтерфейси відстежують незавершені запити від клієнтів і обробляють зв'язок із репліками. Вони передають запити, отримані від клієнтів, до однієї або кількох реплік, а потім ретранслюють відповіді назад до клієнтів. Кожна репліка зберігає повну копію спільних даних і передає всі отримані й оброблені операції іншим реплікам.

ESDS добре підходить для систем, яким потрібна відмовостійкість і хороший час відгуку, але не потрібна негайна послідовність оновлень.

Розгортання служби даних із можливістю серіалізації стосується відображення клієнтів, інтерфейсів та реплік ESDS на набір хостів у розподіленій комп'ютерній мережі. Це розгортання оптимізовано шляхом мінімізації загального мережевого трафіку.

Знайти оптимальне розгортання може бути складно через нерівномірні витрати на зв'язок викликані фактичним мережевим з'єднанням і через різноманітність моделей зв'язку різних програмних компонентів.

Крім того, необхідно враховувати деякі типи обмежень.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

По-перше, для досягнення відмовостійкості не бажано більше однієї репліки розміщати на одному хості.

По-друге, деякі компоненти можуть вимагати спільного розміщення на одному хості.

І, нарешті, не всі хости можуть підтримувати всі компоненти.

Типові екземпляри ESDS включають кілька інтерфейсів, кілька реплік і кілька клієнтів.

Приклад проблеми розгортання ESDS зображено на рис. 1. Ліва частина малюнка показує цільову розподілену комп'ютерну мережу і праворуч зображено абстрактну реалізацію ESDS.

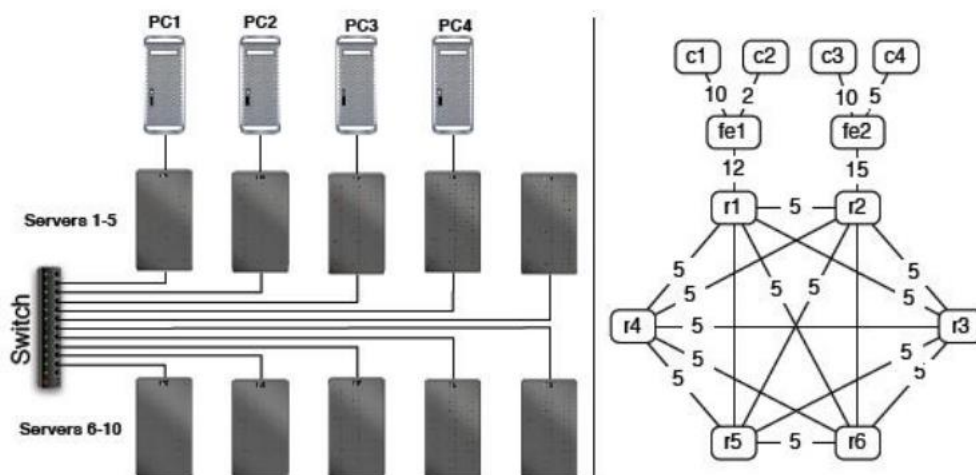


Рис. 1. Схема простої проблеми розгортання розподіленої системи на базі ESDS [9]

В цьому прикладі цільова мережа складається з 10 потужних серверів, з'єднаних між собою комутатором, і 4 клієнтських комп'ютерів, підключених через прямі з'єднання з першими чотирма потужними серверами. Для простоти вартість надсилання повідомлень у цій мережі визначається як кількість мережевих переходів. Наприклад, відправлення повідомлення від сервер 5 на сервер 9 коштує 1 перехід (комутатор розглядається як пряме з'єднання) і надсилання повідомлення з ПК1 до ПК2 коштує 3 переходи.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

ESDS складається з 4 клієнтів (c_1, \dots, c_4), 2 інтерфейсів (fe_1, fe_2) і 6 реплік (r_1, \dots, r_6).

Чотири клієнти надсилають свої запити до двох інтерфейсів, а інтерфейси пересилають запити до двох реплік, і репліки постійно виконують оновлення одна одній.

Розгортання компонентів програмного забезпечення на хостах мережі підлягає наступним обмеженням:

1) три клієнтські модулі (c_1, c_2, c_3) повинні бути розміщені на легких серверах (PC_1, \dots, PC_4), а решта компонент ($c_4, fe_1, fe_2, r_1, \dots, r_6$) має працювати на десяти потужних серверах ($server_1, \dots, server_{10}$).

2) репліки (r_1, \dots, r_6) повинні розміщуватися на окремих серверах для досягнення відмовостійкості.

Проблема розгортання полягає в пошуку призначення програмних компонентів хостам, щоб обмеження задоволені, а загальна вартість мережевого трафіку мінімізована.

Модель розгортання ESDS сформульована в [3, 5, 7].

Вхідні дані моделі розгортання складаються з наступного:

- набір програмних компонентів C ;
- набір хостів N ;
- підмножина хостів, яким може бути призначений компонент, позначається логічними значеннями $s_{c,n}$, що дорівнюють true, коли компонент c можна призначити хосту n ;
- вартість мережі безпосередньо виводиться з її топології та виражається за допомогою матриці h , де $h_{i,j}$ - мінімальна кількість переходів, необхідна для надсилання повідомлення з хоста i на хост j , $h_{i,j} = 0$ (локальні повідомлення безкоштовні);
- $f_{a,b}$ позначає середню частоту повідомлень, надісланих від компонента a до компонента b ;
- набір розділення Sep , який вказує, що компоненти в кожному $S \in Sep$ повинні бути розміщені на різних серверах;

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

• набір спільного розташування Col , який визначає, що компоненти в кожному $S \in Col$ повинні бути розміщені на одному сервері.

Рішення полягає в пошуку змінних x_c , які асоціюються з кожним програмним компонентом $c \in C$, який позначає хост $n \in N$, на якому розгортається компонент c .

Оптимальне розгортання зводить до мінімуму цільову функцію:

$$\sum_{a \in C} \sum_{b \in C} f_{a,b} h_{x_a x_b} \rightarrow \min \quad (1)$$

за виконання наступних обмежень:

1) компоненти можуть бути лише призначені до хосту, який його підтримує:

$$\forall c \in C: x_c \in \{i \in N | s_{c,i} = 1\} \quad (2)$$

2) для кожного обмеження поділу $S \in Sep$ всі компоненти цього обмеження повинні розгортати на різних хостах:

$$\forall S \in Sep: \forall i, j \in S: i \neq j \Rightarrow x_i \neq x_j \quad (3)$$

3) для кожного обмеження спільного розташування $S \in Col$ всі компоненти цього обмеження повинні бути розгорнуто на тому самому хості:

$$\forall S \in Col: \forall i, j \in S: x_i = x_j \quad (4)$$

Для пошуку оптимального розгортання використовувався метод лінійного програмування, а для його програмної реалізації було розроблено програму на мові Python, з використанням бібліотеки пошуку оптимальних рішень PuLP.

Аналіз та результати

Описані методи та інструменти були застосовані до аналізу різних моделей реплікації корпоративної бази даних в якій для забезпечення швидкого відгуку на запити користувачів та підвищення відмовостійкості можуть бути застосовані повна, часткова та відсутня реплікації. Ілюстрація цих моделей наведена на малюнках 1-3 [10].

Повна реплікація означає, що повна база даних реплікується на кожному сервері розподіленої системи. Ця схема максимізує доступність даних

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

і надмірність у глобальній мережі. Наприклад, користувачі корпоративної системи мають доступ до повної бази даних з сервера однієї з філій, якщо на сервері їх філій виникнуть технічні труднощі.

Повна реплікація також сприяє швидшому виконанню глобальних запитів, оскільки результати можна отримати з будь-якого локального сервера. Недоліком повної реплікації є те, що процес оновлення, як правило, відбувається повільніше. Це робить збереження актуальних копій даних у будь-якому місці досить складним завданням.

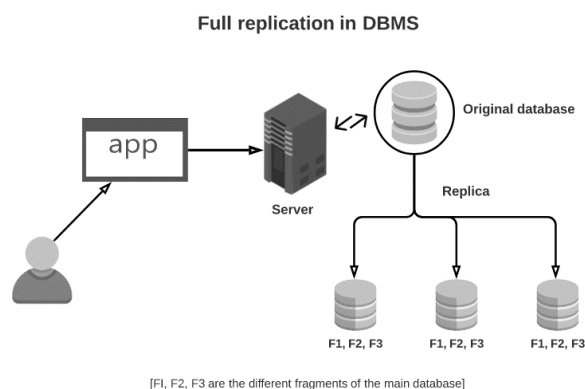


Рис. 2. Схема повної реплікації корпоративної бази даних

Часткова реплікація відбувається, коли реплікуються лише певні фрагменти бази даних на основі важливості даних у кожному місці. Тут кількість копій може коливатися від однієї до загальної кількості вузлів у розподіленій системі.

У корпоративному середовищі цей режим реплікації може бути корисним для членів відділів продажів і маркетингу, де часткова база даних зберігається на персональних комп'ютерах і регулярно синхронізується з основним сервером.

У моделі відсутності реплікації на кожному сайті розподіленої системи існує лише один фрагмент. Хоча відсутність реплікації можна обґрунтувати простотою відновлення даних, це може мати негативний вплив на швидкість виконання запитів, оскільки кілька користувачів отримують доступ до одного сервера.

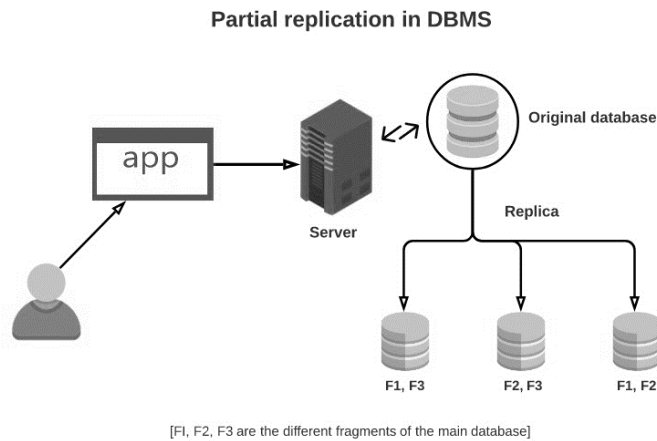


Рис. 3. Схема часткової реплікації корпоративної бази даних

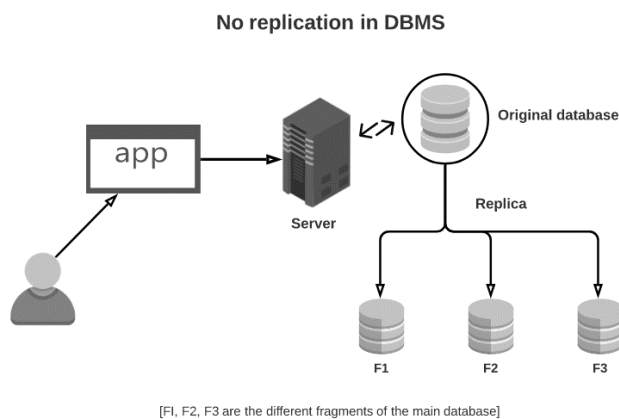


Рис. 4. Схема моделі відсутньої реплікації корпоративної бази даних

Аналіз використання запропонованої методики передбачав застосування програми оптимального розподілу компонентів подібної системи які включали три репліки між трьома фізичними хостами в мережі.

Була складена задача лінійного програмування, яка враховувала ймовірну частоту запитів, а також, кількість переходів при передачі повідомлень в кожній парі Компонент-Хост та можливість розташування кожної репліки на кожному з периферійних серверів одночасно.

Результати розв'язування задачі показали, що найменше значення цільової функції досягається при реалізації моделі часткової реплікації (рис. 5).

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

```
Result - Optimal solution found

Objective value:      300.00000000
Enumerated nodes:    22
Total iterations:    13
Time (CPU seconds):   0.10
Time (Wallclock seconds): 0.10

Option for printingOptions changed from normal to all
Total time (CPU seconds): 0.10 (Wallclock seconds): 0.10

Optimal Distribution:
Component 1 варто розмістити на хості Host 2
Component 2 варто розмістити на хості Host 1
Component 3 варто розмістити на хості Host 3
Component 3 варто розмістити на хості Host 2

Process finished with exit code 0
```

Рис. 5. Результат розв'язування задачі оптимізації

Висновки

Таким чином, модель Eventually-Serializable Data Services може бути застосована до вирішення задачі оптимізації розташування реплік корпоративної бази даних не декількох хостах за умови кількісного оцінювання вартості та частоти обміну даними між ціми фізичними серверами. Для уточнення результатів модель може включати також аналіз відхилень цих кількісних параметрів.

Розроблена в процесі цього дослідження програма може використовуватись для розв'язування широкого кола оптимізаційних задач розміщення ресурсів в розподіленій комп'ютерній системі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dilsun K. Kaynar, Nancy A. Lynch, Roberto Segala, and Frits Vaandrager. The Theory of Timed I/O Automata. Synthesis Lectures in Computer Science. Morgan & Claypool Publishers, 2006.
2. Nancy A. Lynch, Stephen J. Garland, Dilsun K. Kaynar, Laurent D. Michel, and Alexander A. Shvartsman. The tempo language user guide and reference manual, 2008
3. M. Cecilia Bastarrica. Architectural Specification and Optimal Deployment of Distributed Systems. PhD thesis, The University of Connecticut, 2000.
4. M. Cecilia Bastarrica, Rodrigo E. Caballero, Steven A. Demurjian, and Alexander A. Shvartsman. Two optimization techniques for component-based systems deployment. In Proceedings of the 13th International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE'01), pages 153–162, 2001.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

5. M. Cecilia Bastarrica, Steven A. Demurjian, and Alexander A. Shvartsman. Software architectural specification for optimal object distribution. In Proceedings of the 18th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC'98), pages 25–31, 1998.
6. M. Cecilia Bastarrica, Alexander A. Shvartsman, and Steven A. Demurjian. A binary integer programming model for optimal object distribution. In Proceedings of the 2nd International Conference on Principles Of Distributed Systems (OPODIS'98), pages 211–226, 1998.
7. Laurent Michel, Alexander A. Shvartsman, Elaine L. Sonderegger, and Pascal Van Hentenryck. Optimal deployment of eventually-serializable data services. In Proceedings of the 5th International Conference on Integration of AI and OR Techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems (CPAIOR'08), pages 188–202, 2008.
8. Alan Fekete, David Gupta, Victor Luchangco, Nancy A. Lynch, and Alexander A. Shvartsman. Eventually-serializable data services. In Proceedings of the 15th Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC'96), pages 300–309, 1996.
9. Moraal, Martijn. "Optimal deployment of distributed systems." Master's thesis, Rad-boud University Nijmegen (2009).
10. What is data replication? . [Online]. Available: www. URL: <https://www.manageengine.com/device-control/data-replication.html>. Accessed on: 22.03.2023

3.7. Problems of global education market and challenges for education servives in Germany

Introduction

In the framework of modern rapid technological progress and huge success in automotive industry, machining, financial and banking services, information services, bioengineering, medical and pharmaceutical sectors, other industries role of education is extremely growing up in the worldwide scale. Nowadays many of industries require well-qualified workers and experienced managers, talented engineers, specialists in programming and automatic control, designers with new visions and revolutionary ideas, successful traders, specialists in international markets and finance, etc. All these factors create the importance of development of global education.

Education became not only important part of public economy, but it represents essential segment in the commercial services. From ancient time till contemporary period education is considered as spiritual and monetary value, which distinguishes the holders with best education attainment from other candidates. In poor countries to obtain good education is opportunity for small proportion of population with lower income. In countries, where the high social standards and principles of equality are realized, for example, France, Germany, Sweden, Norway, etc. the changes to be involved in public education system are relatively big for all social groups and people consider public education with all levels as very important part of national economy. In other countries, like United Kingdom and USA, more liberal principles traditionally existed in national economies and some of universities or colleges are private and focused on the education of people from very rich families. In UK there are some colleges and universities where traditionally future politicians or members of monarch family are educated. But these private colleges and universities with privileges in the best quality education are popular for rich people outside Europe, for instance, from Arabic or Asian countries, etc. Due to highest entry criteria and strict standards for elite education the candidates should meet not only big financial expenditure on educational services

and living costs, but they should demonstrate excellent achievements in knowledge and skills, critical thinking, etc. Thus the many intermediators and commercial entities appeared in the global education market for candidates who consider the opportunity to get prestige education and need prepare yourself for entry criteria. In addition, many public universities earn essential part in their budgets due to commercial educational services for foreign students. A lot of students from African countries, Middle East or Asian countries enrolled in many European universities and study medical science, pharmacy, IT, political studies, international business and management.

Thus, the problems of global education and its internalization are important issues for the analysis of competitiveness of national education system.

In this work the purposes were: to consider the problems and perspectives for the global education market, to discuss the challenges for education system in Germany and to develop some proposals for commercial entities for expansion of their educational services in Germany.

Global education system and challenges for Germany

The experts from global education forecasted that global education and training expenditure can reach at least \$10T by 2030 as population growth in developing markets fuels a massive expansion and technology drives unprecedented re-skilling and up-skilling in developed economies⁴⁰. They expected that during next decade an additional 350 million post-secondary graduates and nearly 800 million more secondary graduates. Asia and Africa will be the driving force in this the expansion. So the world will need to maintain 1.5 million teachers per year on average, approaching 100 million in total. About 50% teach in pre-school and primary education. Post-secondary teaching will undergo the biggest expansion and change as the role of the teacher represents more of that of a mentor or coach.

In the Fig. 1 due to forecasting the changes of global population by highest education attainment are shown and the biggest increase will be for number of

⁴⁰ <https://www.holoniq.com/notes/10-trillion-global-education-market-in-2030>

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

population with secondary education. The increase of population with post-secondary education will be less twice.

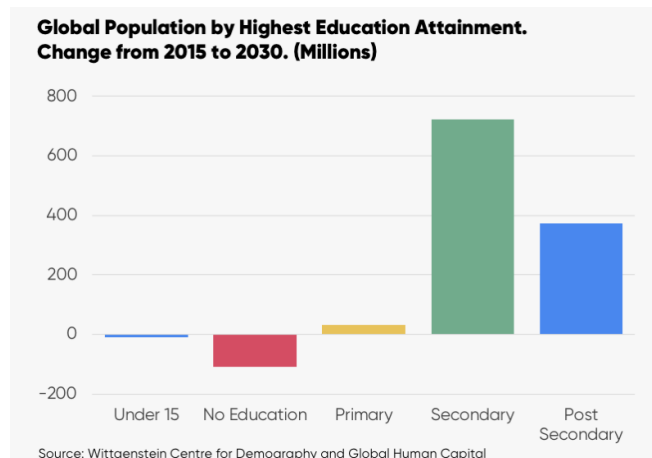


Fig. 1. The forecasts for changes of global population with different highest education attainment

Source: <https://www.holoniq.com/notes/10-trillion-global-education-market-in-2030>

These experts think that global education industry will increase a \$10 Trillion industry in 2030, it will growing at 4.5% and making up over 6% of Gross World Product (GDP).⁴¹

In Fig. 2 the predicted expenditure associated with global education and training is shown.

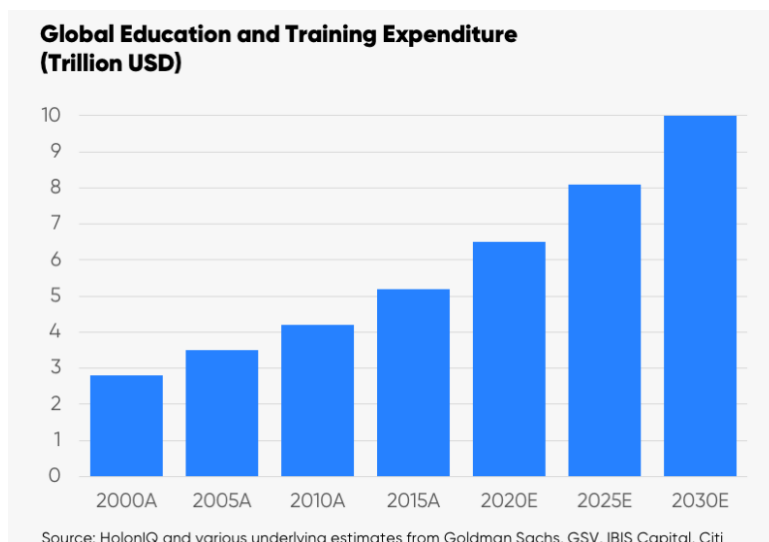


Fig. 2. The forecasts for global education and training expenditure

Source: <https://www.holoniq.com/notes/10-trillion-global-education-market-in-2030>

⁴¹ Source: <https://www.holoniq.com/notes/10-trillion-global-education-market-in-2030>

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

It is clear seen the rapid dynamics of expenditures on global education, thus this segment will be very attractive in future, especially due to the huge growth of population and high increase in GDP in China and India. For example, in Global Economic Outlook on May 2023 the experts predict that in China and India will present about 5-6% GDP Growth, while US and EU will demonstrate growth rates in GDP near zero.⁴²

It is should be noted that in the global education market the main players are the leading universities from USA and UK. For example, on the basis of the results of QS World University Rankings the first 10 positions in the worldwide academic sphere belonged to 5 famous universities from USA, 4 well-known universities from UK and 1 university from Switzerland. This ranking is based on the calculation of overall score which is weighted average of results in 8 partial criteria as: 1) Academic Reputation; 2) Employer Reputation; 3) Citations per Faculty; 4) Faculty Student Ratio; 5) International Students Ratio; 6) International Faculty Ratio; 7) International Research Network, and 8) Employment Outcomes.

In table 1 the characteristics of the top universities in the world are given. The 1st place is for Massachusetts Institute of Technology, but the 2nd place University of Cambridge holds. 3rd place is for Stanford University and 4th place is obtaining for University of Oxford. 5th place is belonged to Harvard University and last position in top 10 world universities is assigned for University of Chicago.

In the table 1 it is seen, that some of universities from the top 10 world universities should improve their positions according to international activities. To compare the positions of the leading universities in the world it is reasonable to use radar diagram. For example, Harvard University and Stanford University should improve their scores on International Students Ratio; University of Chicago must enhance International Faculty Ratio and the recommendation for California Institute of Technology is to increase International Research Network.

⁴² <https://www.holoniq.com/notes/10-trillion-global-education-market-in-2030>

**ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ**

Table 1

The characteristics of the top universities in the world in 2023

University	Location	Over- all Score	Acade- mic Repu- tation	Emplo- yer Re- puta- tion	Cita- tions per Fa- culty	Fa- culty Stu- dent Ratio	Inter- natio- nal Stu- dents Ratio	Inter- natio- nal Fa- culty Ratio	Inter- natio- nal Rese- arch Net- work	Employ- ment Outco- mes
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	Cambridge, USA	100	100	100	100	100	90	100	96,1	100
University of Cambridge	Cambridge, UK	98,8	100	100	92,3	100	96,3	100	99,5	100
Stanford University	Stanford, USA	98,5	100	100	99,9	100	60,3	99,8	96,3	100
University of Oxford	Oxford, UK	98,4	100	100	90	100	98,4	98,8	99,9	100
Harvard University	Cambridge, USA	97,6	100	100	100	99,4	66,9	76,9	100	100
California Institute of Technology (Caltech)	Pasadena, USA	97	96,5	87,1	100	100	85,1	99,8	73	98,8
Imperial College London	London, UK	97	98,3	99,7	86,5	99,5	100	100	98,1	88,8
UCL	London, UK	95	99,4	98,6	77	97,6	100	99,2	100	90,3
ETH Zurich	Zürich, Switzerland	93,6	98,6	91,3	99,2	74,2	98	100	96,2	91,1
University of Chicago	Chicago, USA	93,2	99,2	92,2	86,8	92,9	76	81,6	89,6	98,2

Source: composed by author from

https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2023?qs_qp=topnav

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

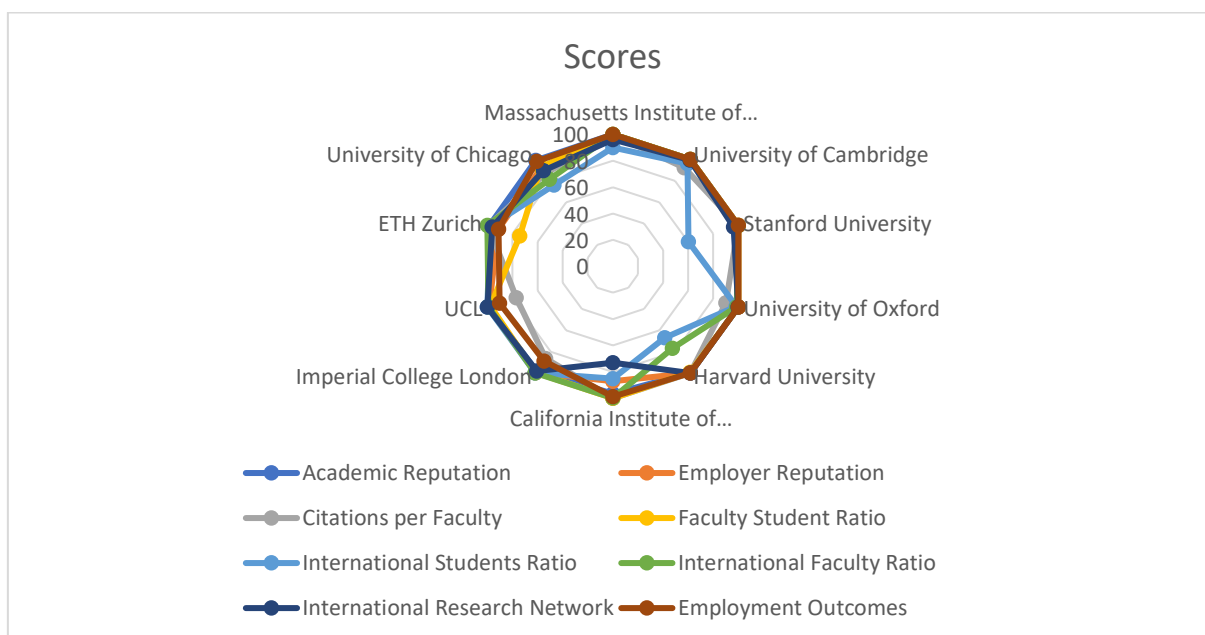


Fig. 2. The radar diagram for evaluation
of the top 10 world universities according to partial criteria

Source: composed by author from

https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2023?q_s_qp=topnav

Due to the acute competition among leading universities, in one of the hand, and strict criteria for the potential candidates for admission, some institutional barriers for citizens of third countries, a lot of foreign graduates with highest scores and strong motivation to obtain the best tertiary education in top universities address to different global education agencies or commercial education centers which offer consultations in selection of variants to study in one of these universities and individual assistance for potential candidates on the different stages of admission and learning.

For example, one of such company is the Global Education Corporation network (GLEDCO), headquartered in Zurich, Switzerland⁴³. It provides educational services on a global scale with campuses and offices across Europe and Asia. Services include the operating of higher education institutions, the operating of education center facilities, the promotion of study abroad programs, the manage-

⁴³ <https://www.gledco.org/>

ment of several non-profit initiatives, as well as a range of academic, administrative, consulting and financial services. The GLEDCO network consists of 2 higher education institutions and several other projects operated across 9 main, satellite and extension campuses in Europe and Asia. More than 2.000 students, alumni, faculty and staff are part of a truly global community with more than 100 nationalities represented.

The education system in Germany has good reputation and positively recognized in the academic world. In addition, Germany is a leading country of EU and traditionally in this country the social support is essential and most of the educational institutions are financed from federal and regional budgets. Nevertheless, Germany has a complicated education system, allowing relatively small percentage of young people aged 19 to 21 to enter state universities immediately. Other part of potential candidates with lower education achievements choose post secondary education or admit to universities abroad. Also the system of dual education is popular in Germany, where it is possible to have combination of education and vocational training. At the same time, public universities are popular with high school students with good grades, so many high school students, mostly from the native population, go to public universities.

In some regions of Germany, a high proportion of the population with a tertiary education is observed. At the same time, in some regions, rural, there are significant differences in the possibility to obtain higher education. For example, in Bavaria the proportion of the population with tertiary education is higher. But, in Pomerania, the percentage of population with tertiary education is low. This situation is explained by differences in federal laws, differences in the number of universities in different states, as well as demographic features of the structures.

Today, every fourth person in Germany has a migration background. Ten years ago, it was one in five. A third of these people belong to the second or third generation, i.e. they were born in Germany. Among them, around 75% of those, who born here, have German citizenship. The share of the population with a migration background in the total population is increasing, especially in the younger age groups. Among the kids population under six year olds, approximately 40 % are from migrant background.

Other problem, which is important for the analysis of contemporary situation in education, and existing challenges are troubles in German economy. After a decade of steady growth, a reduction has been demonstrated the German economy: in the period of financial and economic crisis, when the German economy fell into recession, the slow growth rates of the economy were and then the negative impact of the Corona pandemic in 2020 – 2021 brought further significant problems in many industries in Germany. Thus, gross domestic product for 2020 was €3,368 billion and it was a 4.6% decline in economic output in comparison with previous period. Also increase in the unemployment rate from 5.0% to 5.9% was observed for mentioned period.

All these reasons have an impact on the development and features of education system in Germany.

There are more than 420 universities in Germany. That is 100 more universities in comparison with 1990s. The strong growth is mainly belonged to private universities, whose numbers rose sharply, especially between 2002 and 2010. There are well-known: more than 107 public universities and 17 non-profit charitable universities supported by religion organizations and charity funds. Also more than 80 private universities of applied sciences in the public and profit sectors provide educational services. The number of private universities of applied sciences has also not continued to increase for several years. In fact, their number has been declining slightly despite a steadily growing demand for private higher education (Wissenschaftsrat 2018).

In table 2 the characteristics of the top universities in Germany are shown. The best position is belonged to Technical University of Munich, but in the global QS ranking this university holds 49th place. Next position in national ranking is for Ludwig-Maximilians-Universität München, it is on 59th place in the global QS ranking. Places number 3 and number 4 are obtained for Freie Universität Berlin and Humboldt-Universität zu Berlin. The place with number 5 in national ranking is belonged to KIT, Karlsruhe Institute of Technology. In the global QS ranking this university possess 141th place. The last position in top 10 in national ranking is belonged to Technische Universität Dresden. This university has position with place 200 in the global QS ranking.

**ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ**

Table 2

The characteristics of the top universities in Germany in 2023

University	Position in QS World Ranking	Overall Score	Academic Reputation	Employer Reputation	Citations per Faculty	Faculty Student Ratio	International Students Ratio	International Faculty Ratio	International Research Network	Employment Outcomes
Technical University of Munich	49	76,4	84,0	96,8	25,8	96,4	95,0	70,3	91,8	37,5
Ludwig-Maximilians-Universität München	59	70,4	92,6	75,7	45,5	56,0	38,8	64,2	94,7	39,3
Freie Universitaet Berlin	118	55,8	80,7	44,9	63,5	4,0	42,0	63,0	91,9	33,3
Humboldt-Universität zu Berlin	131	54,1	90,1	55,6	29,5	8,7	33,9	58,1	91,4	26
KIT, Karlsruhe Institute of Technology	141	51,9	44,7	67,7	72,0	33,3	50,6	68,6	89,6	54,3
RWTH Aachen University	147	51,1	49,5	88,7	73,3	5,4	81,1	48,3	84,1	30,8
Technische Universität Berlin (TU Berlin)	158	49,3	55,1	64,9	23,6	48,5	75,0	46,1	83,2	31,6
Eberhard Karls Universität Tübingen	169	47,2	44,7	21,0	14,9	96,7	26,1	67,0	96,5	16,6
Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg	189	45,2	47,4	18,6	57,3	36,5	41,0	67,6	89,0	19,3
Technische Universität Dresden	200	43,6	37,4	37,0	14,9	89,1	36,0	42,9	94,2	9,9

Source: composed by author from

https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2023?qs_qp=topnav

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

In Fig. 3 the best German universities are presented according their scores in QS World Universities Rankings.

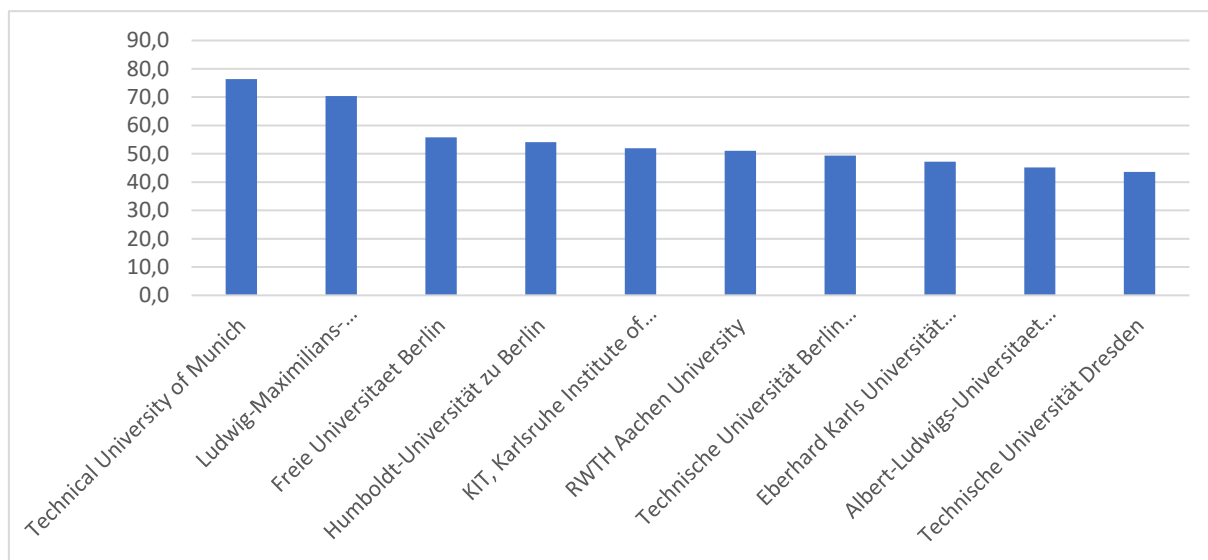


Fig. 3. The best top 10 German universities

Source: composed by author from

https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2023?qs_qp=topnav

As it is seen from the results of global competition among the best worldwide universities the universities in Germany have good, but not the best positions. Thus, their competitiveness in comparison with universities in USA or UK are essentially lower. It is necessary to implement the principles of efficient control and innovations in the educational processes more wide and develop more international research networking and projects for business.

Globalisation and Internationalization of the tertiary education system in Europe: needs for modern economy

In paper Komljenovic and Robertson (2017)⁴⁴ the authors write, that “the global education industry as a whole is estimated to be worth \$4.4 trillion and growing (Strauss 2013), which led Pearson⁴⁵ in 2012 to predict in their annual report that “education will turn out to be the great growth industry of the 21st

⁴⁴ Komljenovic, J. and Robertson, S. L. (2017). Making global education markets and trade. *Globalisation, societies and education*, 15(3): 289-295.

⁴⁵ Pearson. 2013. “Annual Report and Accounts 2012.” London.

Century” (Pearson, 2013, p. 8, Komljenovic, Robertson, 2017, p. 289). They addressed to reports from Strauss (2013)⁴⁶ and annual reports from Pearson (2013), which demonstrated huge income and turnover in global education market.

Komljenovic and Robertson (2017) consider such Strategies for Education Market-Making as:

1) Space and place as a market making strategy: actors strategically pick and choose locations and spaces for their operations that are more likely to be potentially lucrative in market-making, or a weak point in the regulatory environment that might otherwise be hostile to markets. using space, and more specifically a particular framing of space, turns boundaries for markets into barriers for markets, which can be overcome and hence markets can be expanded.

2) Time as a strategic resource in market-making: making a market from education, where the idea of the future was shaped by notions such as social mobility or becoming someone, is dependent on a rather different conception of the future; one that can be sufficiently controlled so as to protect financial investments and return a profit.

Komljenovic (2018)⁴⁷ analyzed the strategies of penetrating the higher education sector to establish a market and network relations with public universities through trust-building activities. She provided twenty-two interviews with representatives of private companies from eight countries selling products and services in higher education. According her results the companies have developed three groups of sophisticated strategies to produce their trustworthiness: signaling similarity and integrity, exhibiting competence and commitment and forming an emotional connection, like trust, good reputation, personal assistance and mentoring.

⁴⁶ Strauss, Valerie. 2013. “Global Education Market Reaches \$4.4 Trillion — and Is Growing.” The Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/news/answersheet/wp/2013/02/09/global-education-market-reaches-4-4-trillion-and-is-growing/>

⁴⁷ Komljenovic, J. (2018). Making higher education markets: trust-building strategies of private companies to enter the public sector analyses private companies’. In Higher Education. <https://doi.org/10.1007/s10734-018-0330-6>

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Due to the implementation of the business approach and theory of competitiveness to the tertiary education system it is possible to improve the efficiency of this system in global and national scales.

In the same time, the educational institutions in the system of tertiary education should meet the needs of international business and trends of globalisation in the national economies.

What are the features and characteristics of the globalisation in the contemporary economy?

"In internationalization, a company's marketing activities extend across national borders. The resulting international business is not just reduced to the sale of products, but can affect the entire value-added process of a company."

What is meant by an international business (also referred to as international enterprise or international commercial activity)?

This process refers to all commercial activities between companies from different countries. It involves the exchange of goods, services, technologies, capital and know-how across national borders. International business is closely related to globalization, as it is undertaken to operate then as possible in the global market and benefit from the advantages of the worldwide commitment. Companies can export their products and services in foreign markets, enter into joint ventures with companies from other countries, establish subsidiaries abroad or invest in foreign companies. There are several motivations for companies to engage internationally. These include entering new markets, leveraging favorable labor or resources other countries, expanding their customer network, finding strategic partners or technology partnerships, and diversifying business risk through a broader, geographic presence. However, international business also brings challenges. Companies must deal with different legal frameworks, cultural differences, political risks, exchange rates, trade parity, logistical challenges.

Careful planning, market research and adaptation to the specific conditions of the country are crucial for consequences of international business. Globalization and international business have increased significantly in recent decades. Companies of all sizes and industries can now operate on a global scale and have access

to a wider range of markets and resources worldwide. International business plays an important role in promoting economic growth, only logical progress, and cultural exchange between countries.

Thus, the leading universities should closely cooperate with international companies and follow the tendencies in the preparation of the specialists with desirable needs and competences.

Characteristics of international education system in EU

1. Development of international education projects in Europe

The internationalization of the tertiary education process in Europe refers to the process of increasing international cooperation, mobility and exchange in higher education within European countries. This process has been driven by several factors, including globalization, the European Union initiative, and the growing demand for international education. Here are some key aspects of the internationalization of higher education in Europe:

1. Student mobility: European countries promote student mobility programs such as the Erasmus program that allows students to study abroad and gain international experience. This program between university and different European countries and for cultural understanding and academic cooperation.

2. Joint degree programs: European universities have submitted joint degree programs in which students can earn a degree at several institutions in different countries.

The development of international education projects in Europe, has been a key aspect of the region's commitment to promoting cooperation and mobility in higher education. These projects move toward improving the quality of education, promoting intercultural understanding, and facilitating academic collaboration across borders. Here are some notable international education projects in Europe:

1. Erasmus Program: the one initiated by the European Union. Erasmus program is one of the most well-known and extensive international education projects in Europe. It supports student and staff mobility academic partnerships, joint

degree programs and capacity building projects at higher education institutions across Europe.

2. European Higher Education Area EHEA is an ongoing community initiative that aims to create harmony.

2. The role of private higher education institutions in commercial education services (HEIs): international education projects.

Private higher education institutions play a significant role in the commercialization of education services, especially in international education business projects. Here are some key aspects of their involvement:

1. Expansion, international programs: private higher education institutions often have more flexibility in designing and offering international programs to attract students from around the world. They may establish branches or satellite campuses in different countries or develop online educational platform to reach global student base.

2. Market-oriented approach: private higher education institutions are often determined by the market demand and in the village.

3. The analysis of the compatibility of higher education institutions in the international education business.

The competitiveness of higher education institutions in the international education business can be analyzed by several key factors.

1. Academic reputation and quality: the programs offered by higher education institutions are key factors that affect competitiveness. Ranking, accreditation, expertise, the faculty, research results and alumni. Success are indicators that affect the competitiveness of an institution in attracting international students. 2. offered relevance of programs: Universities must offer a diverse program offering.

4. Case study using the example of some universities from Europe and proposals.

Collaboration between private universities and companies can take different forms and offer several advantages.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

1. Needs-based training: private universities can work more closely with companies to develop training programs that are targeted to the needs of the workplace. This enables migrants to acquire specific skills and qualifications that are in demand in the labor market, thus facilitating their integration into the host country.

2. Internships and job opportunities: through cooperation with companies, private higher education institutions can offer their students, internship and job opportunities.

3. Walk-study programs: here students have the opportunity to gain practical experience in a real work environment. This can help migrants improve their professional skills and increase their chances of employment.

4. Dual studies: private universities can cooperate with companies to develop dual study programs. This involves alternating theoretical phases at the university with practical phases at the company. This cooperation offers students.

Cooperation between universities and companies requires a thorough analysis of the needs of the labor market. The companies should clearly communicate their requirements and qualification needs so that the universities can design their curricula and programs accordingly. Furthermore, curricular integration is necessary.

"Young people and adolescents are enabled to analyze, evaluate and design work-relevant life situations. With its orientation toward needs-based and socially responsible life design and social participation, the learning area supports the personality development and maturity of young people."

There are already various institutions that have launched concepts for cooperation between private universities and companies:

1. Dual career service: some private universities have their own career service department to help students integrate into the labor market. These institutions work closely with companies to identify and provide internship and job opportunities for students, including migrants.

2. Company networks: there are regional and national networks of companies and private higher education institutions that specialize specifically in this

area. Especially in Baden-Württemberg there are various institutions and initiatives – a central contact point for international cooperation in business, science and politics, which supports the development and implementation of cooperation projects, including projects for the integration of migrants the labor market.

Conclusions

Integration of migrants and immigrants, especially refugees, is one of the major social challenges Germany. A growing number of projects by the federal and state governments are therefore trying to specifically promote the training, further education of refugees. In this context, this study shows that there are potentially a large number of interested companies and motivated refugees with an affinity for further education or a degree from a higher education institution. In addition, the education centers and their diverse experience in the area of target-group-specific offerings are ideally positioned to provide effective support.

However, educational success depends on numerous factors. First, it is important to thoroughly assess the refugees' prerequisites, especially their language skills. Integration in companies, attendance at a university, challenges in personal life situations (family responsibilities, housing, etc.) are critical factors of educational success not only for refugees, but refugees often have to overcome special hurdles here.

For this reason, intensive socio-educational support is generally indispensable before and during training. Through the first pilot projects, a variety of lessons can be learned both for practice and for funding policy. Overall, it is clear that the specific obstacles can be overcome in many cases and that education and training for refugees can succeed.

This opens up a real prospect of social integration for willing and well-prepared refugees. For the companies themselves, this opens up a new option for securing young talent, provided that qualified support is secured and all those involved have sufficient patience and motivation.

In order to study the trends in the market of educational services in different federal states, we recommend the development of a questionnaire that analyzes

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

the needs of different respondents for higher education, their course of study and the conditions desirable for them, and their financial possibilities. The questionnaire would include the following questions on the appropriate attitude toward social status in relation to residence, whether immigrants or natives. Previously received educational desires regarding the choice of a full-time program or a part-time program of a higher educational institution in an outstanding field in which the respondents indicate, in terms of education, their needs in terms of campus in terms of availability of literature and various methodological materials, their expectations regarding the cost of educational services and the possibility of further employment.

REFERENCES

1. Göttingen Contribution to Research on Crafts, Institute of Economics for Small and Medium-Sized Enterprises and Crafts at the University of Göttingen.
2. Komljenovic, J. (2018). Making higher education markets: trust-building strategies of private companies to enter the public sector analyses private companies'. In Higher Education. <https://doi.org/10.1007/s10734-018-0330-6>
3. Komljenovic, J. and Robertson, S. L. (2017). Making global education markets and trade. *Globalisation, societies and education*, 15(3): 289-295.
4. Macharzina, K. (1999), *Unternehmensführung - Das internationale Managementwissen*, 3rd ed., Munich 1999, p. 679 ff.
5. Online: www.jsse.org/2006/2006-3/interdisziplinaere-arbeitsgruppe-bhtw
6. Pearson. 2013. "Annual Report and Accounts 2012." London. https://www.google.com/url?q=https://www.pearson.com/content/dam/corporate/global/pearsondotcomv2/files/cosec/2013/15939_PearsonAR12.pdf&sa=U&ved=0ahUKEwjC7NilxJfSAhUFnBoKHXudCTAQFggFMAA&client=internal-uds-cse&usg=AFQjCNEu-NOt59aOLpj_SVv6Lz1Q0rfjh2A
7. Strauss, Valerie. 2013. "Global Education Market Reaches \$4.4 Trillion — and Is Growing." *The*
8. Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/news/answersheet/wp/2013/02/09/global-education-market-reaches-4-4-trillion-and-is-growing/>

3.8. Моделі формування цін на окремі товари оптової торгівлі автозапчастинами

На ринку товарів оптової торгівлі автозапчастинами, приладдям для автомобілів, деталями й іншими матеріалами для автомобілів існує чимала конкуренція, тому для підвищення якості управлінських рішень, їх кращої обґрунтованості та ефективності слід застосовувати можливості аналітичних досліджень на підставі використання різних економіко-математичних методів та моделей [1, 4, 7, 8, 9].

При розробці моделей ціноутворення на товари оптової торгівлі автозапчастинами, приладдям для автомобілів, деталями й іншими матеріалами для автомобілів слід проводити статистичний аналіз показників оптових цін та цін закупки, визначати розмір маржі на окремі групи товарів у грошовому вимірі та у відсотках, визначати середньозважену маржу з урахуванням коефіцієнтів частки цих товарів у виручці від продажу, розраховувати такі статистичні характеристики, як: мінімальне та максимальне значення, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, для значного обсягу спостережень доцільно побудувати гістограми розподілу показників оптових цін, цін закупки, маржі [2, 3, 5, 10].

Метою даної праці було на підставі реальних даних розробити відносно прості економіко-математичні моделі для використання їх у навчальному процесі для студентів окремих спеціальностей, пов'язаних з вивченням економічної та збутової діяльності торгових підприємств, що здійснюють оптової торгівлі автозапчастинами, приладдям для автомобілів, деталями й іншими матеріалами для автомобілів.

При побудові моделей ціноутворення на товари оптової торгівлі автозапчастинами, приладдям для автомобілів, деталями й іншими матеріалами для автомобілів для окремої бізнес-структури й проведення статистичного аналізу цін та маржі нами було обрано п'ять груп з асортименту товару, а саме: пристрої автосигналізації; засоби фарбування - автоемаль; багажники; паливні баки та акумуляторні батареї.

**ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ**

У табл. 1 приведено розрахунки основних статистичних показників цін закупки для визначених груп товарів для окремої бізнес-структури.

Таблиця 1

Основні статистичні показники цін закупки для визначених груп товарів
бізнес-структури

Показник	Пристрої автосигналізації	Засоби фарбування – автоемаль	Багажники	Паливні баки	Акумуляторні батареї
Ціна закупки, грн за од.					
Мінімальне значення	1436	87,5	1100,3	4250,7	1100,4
Максимальне значення	7400,2	1120,7	4560,1	10154,6	8020,2
Середнє значення	3028,37	287,68	2455,31	6819,77	3990,34
Середнє квадратичне відхилення	2452,54	231,77	1174,16	2117,14	2654,69
Коефіцієнт варіації, %	80,99	80,56	47,82	31,04	66,53

Джерело: розрахунки авторів

Як видно з даних, представлених у табл. 1, мінімальна ціна закупки на пристрій автосигналізації складає 1436 грн (Boomerang Alpha Line 4), а максимальна ціна закупки товару цієї групи асортименту є 7400,2 грн (STAR LINE A63). Мінімальна ціна закупки на автоемаль складає 87,5 грн (KUDO універсальна, фарба «золото», 210мл), а максимальна ціна є 1120,7 грн (AK-1301, фарба «гренадер» 309, 0,8кг). Мінімальна ціна закупки на багажники складає 1100,3 грн (багажник 2-х рейковий, «Мураха» Д-Т L=1,3м, у пластику, (с-рейка)), а максимальна ціна закупки дорівнює 4560,1 грн (багажник 2-х рейковий LUX аеро-трєвел L=1,3м 82мм для а/м з рейлингами). Мінімальна ціна закупки на паливні баки складає 4250,7 грн (паливний бак для ВАЗ-2101,07, АвтоВАЗ), а максимальна ціна закупки дорівнює 10154,6 грн (паливний бак КАМАЗ 250л (405x498x1360) з комплектом для установки +

**ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ**

РТІ в зборі БАКОР). Мінімальна ціна закупки на акумуляторні батареї складає 1100,4 грн (FIAMM FTX5L-BS AGM + гель 113x70x105), а максимальна ціна закупки дорівнює 8020,2 грн (Подільск 6СТ132N, 513x189x239).

Для приведених вище категорій асортименту груп товарів бізнес-структури були визначені середні значення цін закупки, їх стандартні відхилення та розраховано коефіцієнт варіації. Як видно з даних, приведених у табл. 1, найбільші показники варіації цін закупки, більш ніж 80%, були для категорій асортименту «Пристрої автосигналізації» та «Засоби фарбування – автоемаль», а найменша варіація цін закупки спостерігалася в категорії «Паливні баки», лише 31%.

У табл. 2 приведені основні статистичні показники оптових цін для визначених груп товарів бізнес-структури.

Таблиця 2

**Основні статистичні показники оптових цін для визначених груп товарів
бізнес-структури**

Показник	Пристрої автосигналізації	Засоби фарбування – автоемаль	Багажники	Паливні баки	Акумуляторні батареї
Оптова ціна закупки, грн за од.					
Мінімальне значення	1596,2	99,02	1133,32	4490	1268,75
Максимальне значення	7719,8	1480,82	4818,5	11233,62	8328,3
Середнє значення	3278,63	315,54	2614,9	7448,02	4253,1
Середнє квадратичне відхилення	2551,78	262,37	1173,54	2329,4	2804,03
Коефіцієнт варіації, %	77,83	83,15	44,88	31,28	65,93

Джерело: розрахунки авторів

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Як видно з даних, представлених у табл. 2, мінімальна оптова ціна на пристрій автосигналізації складає 1596,2 грн (Boomerang Alpha Line 4), а максимальна оптова ціна товару цієї групи асортименту є 7719,8 грн (STAR LINE A63). Мінімальна оптова ціна на автоемаль складає 99,02 грн (KUDO універсальна, фарба «золото», 210мл), а максимальна оптова ціна є 1480,82 грн (АК-1301, реклама, 0,8 кг). Мінімальна оптова ціна на багажники складає 1133,32 грн (багажник 2-х рейковий, «Мураха» Д-Т L=1,3м, у пластику, (с-рейка)), а максимальна оптова ціна дорівнює 4818,5 грн (багажник 2-х рейковий LUX аеро-тревел L=1,3м 82мм для а/м з рейлінгами). Мінімальна оптова ціна на паливні баки складає 4490 грн (паливний бак для ВАЗ-2101,07, АвтоВАЗ), а максимальна оптова ціна дорівнює 11233,62 грн (паливний бак КАМАЗ 250л (405x498x1360) з комплектом для установки + РТІ в зборі БАКОР). Мінімальна оптова ціна на акумуляторні батареї складає 1268,75 грн (FIAMM FTX5L-BS AGM + гель 113x70x105), а максимальна оптова ціна дорівнює 8328,3 грн (Подільск 6СТ132N, 513x189x239).

Для приведених вище категорій асортименту груп товарів були визначені середні значення оптових цін, їх стандартні відхилення та розраховано коефіцієнт варіації. Як видно з даних, приведених у табл. 3.2, найбільший показник варіації оптових цін був для категорій асортименту «Засоби фарбування – автоемаль» й дорівнював 83,15%, а найменша варіація оптових цін спостерігалася в категорії «Паливні баки», лише 31,28%. Для категорії «Пристрої автосигналізації» варіація оптових цін складала 77,3% й незначно знизилася в порівнянні з варіацією цін закупки на дану категорію товару.

У таблиці 3 приведені основні статистичні показники маржі, тобто різниці між оптовою ціною продажу та ціною закупки, у грошовому вимірі для визначених груп товарів бізнес-структури.

Як видно з даних, представлених у табл. 3, мінімальна маржа у грошовому вимірі на пристрій автосигналізації складає 141,25 грн (Mongoose 900ES Line 4), а максимальна маржа у грошовому вимірі на товари цієї групи

**ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ**

асортименту є 514,45 грн (Boomerang DGST а/з). Мінімальна маржа у грошовому вимірі на автоемаль складала -83,9 грн (KUDO універсальна, фарба «серебро», 210мл), а максимальна маржа у грошовому вимірі є 277,45 грн (АК-1301, фарба жовта, 1035, 0,8 кг). Мінімальна маржа на багажники у грошовому вимірі складає 33,02 грн (багажник 2-х рейковий, «Мураха» Д-Т L=1,3м, у пластику, (с-рейка)), а максимальна маржа у грошовому вимірі дорівнює 453,35 грн (багажник 2-х рейковий Amos Koala К-І, 1,2 "о"). Мінімальна маржа на паливні баки у грошовому вимірі складає 161,12 грн (паливний бак для ВАЗ-2123, АвтоВАЗ), а максимальна маржа у грошовому вимірі дорівнює 1169,7 грн (паливний бак для ВАЗ-2108). Мінімальна маржа на акумуляторні батареї у грошовому вимірі складає 25,5 грн (VARTA МОТО16 FP + елек. УВ16В-А(А1) 158x89x162 (ETN-516 015 016), а максимальна маржа у грошовому вимірі дорівнює 761,3 грн (GS YUASA ECO.R HV S46B24R AGM Японія 238x128x227).

Таблиця 3

Основні статистичні показники маржі у грошовому вимірі для визначених груп товарів бізнес-структури

Показник	Пристрої автосигналізації	Засоби фарбування – автоемаль	Багажники	Паливні баки	Акумуляторні батареї
Маржа, грн за од.					
Мінімальне значення	141,25	-83,9	33,02	161,12	25,5
Максимальне значення	514,45	277,45	453,35	1169,7	761,3
Середнє значення	250,26	25,87	159,59	628,26	262,75
Середнє квадратичне відхилення	144,81	32,04	117,45	417,57	236,3
Коефіцієнт варіації, %	57,86	123,85	73,59	66,47	89,93

Джерело: розрахунки авторів

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Для приведених вище категорій асортименту груп товарів були визначені середні значення маржі у грошовому вимірі, їх стандартні відхилення та розраховано коефіцієнт варіації. Як видно з даних, приведених у табл. 3, найменший показник варіації маржі був для категорій асортименту «Пристрої автосигналізації» й дорівнював 57,86 %, а найбільша варіація оптових цін спостерігалася в категорії «Засоби фарбування – автоемаль» й дорівнював 123,85%. Досить високими були значення варіації маржі для категорії «Акумуляторні батареї», цей показник складав 89,93%. Для категорії «Багажники» та «Паливні баки» варіація маржі у грошовому вимірі складала відповідно 79,53% та 66,47%, тобто теж була значною.

У табл. 4 приведені основні статистичні показники маржі у відсотках, для визначених груп товарів бізнес-структури. Визначення маржі у відсотках має велике значення для проведення порівняльного аналізу й дозволяє використовувати цей показник у плануванні стратегій ціноутворення. Показник маржі у відсотках обчислюється так: різницю між оптовою ціною продажу та ціною закупки треба розділити на ціну закупки й отримане значення помножити на 100%.

Як видно з даних, представлених у табл. 4, мінімальна маржа у відсотках на пристрій автосигналізації складає 4,32% (STAR LINE A63), а максимальна маржа у відсотках на товари цієї групи асортименту є 12,97% (Boomerang Zeta Line 4). Мінімальна маржа у відсотках на автоемаль складала -45,01% (KUDO універсальна, фарба «серебро», 210мл), а максимальна маржа у відсотках є 43,97% (АК-142 1-комп., фарба чорна матова, 0,4 кг). Мінімальна маржа на багажники у відсотках складає 0,9% (багажник 2-х рейковий, LUX аеро-тревел L=1,3м 82мм для а/м з рейлингами), а максимальна маржа у відсотках дорівнює 29,62% (багажник 2-х рейковий Amos Koala K-I, 1,2 "o"). Мінімальна маржа на паливні баки у відсотках складає 2,64% (паливний бак для ВАЗ-2123, АвтоВАЗ), а максимальна маржа у відсотках дорівнює 24,37% (паливний бак для ВАЗ-2108). Мінімальна маржа на акумуляторні батареї у відсотках складає 0,62% (VARTA MOTO16 FP + елек. УВ16В-А(А1) 158x89x162 (ETN-516 015 016), а максимальна маржа у

**ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ**

відсотках дорівнює 15,3% (GS YUASA ECO.R HV S46B24R AGM Японія 238x128x227).

Таблиця 4

Основні статистичні показники маржі у відсотках для визначених груп
товарів бізнес-структури

Показник	Пристрої автосигналізації	Засоби фарбування – автоемаль	Багажники	Паливні баки	Акумуляторні батареї
Маржа, % за од.					
Мінімальне значення	4,32	-45,01	0,9	2,64	0,62
Максимальне значення	12,97	43,97	29,62	24,37	15,3
Середнє значення	9,8	8,98	7,91	9,34	8,02
Середнє квадратичне відхилення	3,12	6,09	7,31	6,7	5,36
Коефіцієнт варіації, %	31,82	67,8	92,45	71,73	66,9

Джерело: розрахунки авторів

Як видно з даних, приведених у табл. 4, найменший показник варіації маржі у відсотках був для категорій асортименту «Пристрої автосигналізації» й дорівнював 31,82 %, а найбільша варіація оптових цін спостерігалася в категорії «Багажники» (92,45%). Досить високими були значення варіації маржі для категорії «Паливні баки», цей показник складав 71,73%. Для категорій «Засоби фарбування – автоемаль» та «Акумуляторні батареї» варіація маржі у відсотках складала відповідно 67,8% та 66,9%, тобто теж була значною.

Треба зауважити, що для показників маржі у грошовому вимірі та у відсотках доцільно розраховувати й середньозважені значення з урахуванням вагових коефіцієнтів, що відображують попит на дані категорії товару.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

Особливо це корисно при значній номенклатурі різних категорій асортименту товару, коли обсяг даних є великий. Показниками, що відображують попит на товар, може виступати частка у виручці при продажу цього товару або кількість одиниць проданого товару.

У табл. 5 приведені розрахунки середньозважених показників маржі, у якості вагових коефіцієнтів були використані частки у виручці при продажу цього товару.

Таблиця 5

Середньозважені показники цін маржі у грошовому вимірі та у відсотках
для визначених груп товарів бізнес-структури

Показник	Пристрої автосигналізації	Засоби фарбування – автоемаль	Багажники	Паливні баки	Акумуляторні батареї
Маржа, грн за од.					
Середньозважене значення	206,07	22,74	181,55	516,68	190,37
Маржа, % за од.					
Середньозважене значення	10,56	8,84	9,45	9,35	11,12

Джерело: розрахунки авторів

Отже, з даних табл. 5 видно, що найбільше середньозважене значення маржі у відсотках мали товари з категорії «Акумуляторні батареї» (11,12%), а найменше середньозважене значення маржі у відсотках спостерігалось для категорії «Засоби фарбування – автоемаль» (8,84%).

Ще одним з важливих завдань при дослідженні цін на різні групи товарів на ринку оптової торгівлі автозапчастинами, приладдям для автомобілів, деталями й іншими матеріалами для автомобілів є побудова моделей попиту від показника оптової ціни.

В якості показника попиту на товар окремої групи асортименту можуть бути використані частки у виручці при продажу цього товару або кількість одиниць проданого товару. В даному дослідженні використовувалися

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

частки у виручці при продажу цього товару або кількість одиниць проданого товару.

На підставі вивчення графіків емпіричних щодо частки у виручці від продажу та відповідної оптової ціни для групи товарів були зроблені припущення, що ці залежності мають нелінійний характер, проте відображують основний закон попиту, коли зі зростанням ціни обсяги продажів зменшуються. Проте, на деякі категорії товарів мають великий вплив й інші фактори, й випадкові фактори, наприклад, для категорії «Засоби фарбування – автоемаль», де важливими чинниками є не тільки ціна та якість, упаковка, вага, строк зберігання, але й мода на окремі фарби, яка часто змінюється. Також для категорії групи товарів «Багажники» дані неоднорідні і для отримання моделі попиту від ціни потрібно розбити їх на три підгрупи або використати в моделі *dummy* змінні.

У якості моделі залежності попиту від оптової ціни використовувалася така модель :

$$D_P = \frac{a}{P} + \varepsilon,$$

де D_P - частка у виручці від продажу відповідного товару з визначеної категорії асортименту, P - відповідна оптова ціни для цього товару з визначеної категорії асортименту, a – параметр впливу оптових цін на попит, ε – відхилення, які відображують вплив випадкових факторів.

Для категорії «Засоби фарбування – автоемаль» модель залежності попиту від оптової ціни була модифікована й мала вигляд :

$$D_P = \frac{a}{P} + b_1 \cdot U_1 + b_2 \cdot U_2 + \varepsilon,$$

де D_P - частка у виручці від продажу відповідного товару з визначеної категорії асортименту, P - відповідна оптова ціни для цього товару з визначеної категорії асортименту, a – параметр впливу оптових цін на попит, b_1, b_2 - параметри, що відображують специфіку підгруп U_1 та U_2 , ε – відхилення, які відображують вплив випадкових факторів.

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

За допомогою пакету Statistica були проведені відповідні розрахунки невідомих параметрів моделей у модулі Nonlinear Estimation та побудовані графіки моделей.

Також для візуального аналізу при моделюванні оптових цін й очікуваних показників частки у виручці від продажу відповідного товару з визначеної категорії асортименту були побудовані графіки у пакеті Excel.

На рис. 1 представлено графік залежності частки у виручці від продажу (D_P1) від оптової ціни (P_1) для групи товарів «Автосигналізація»

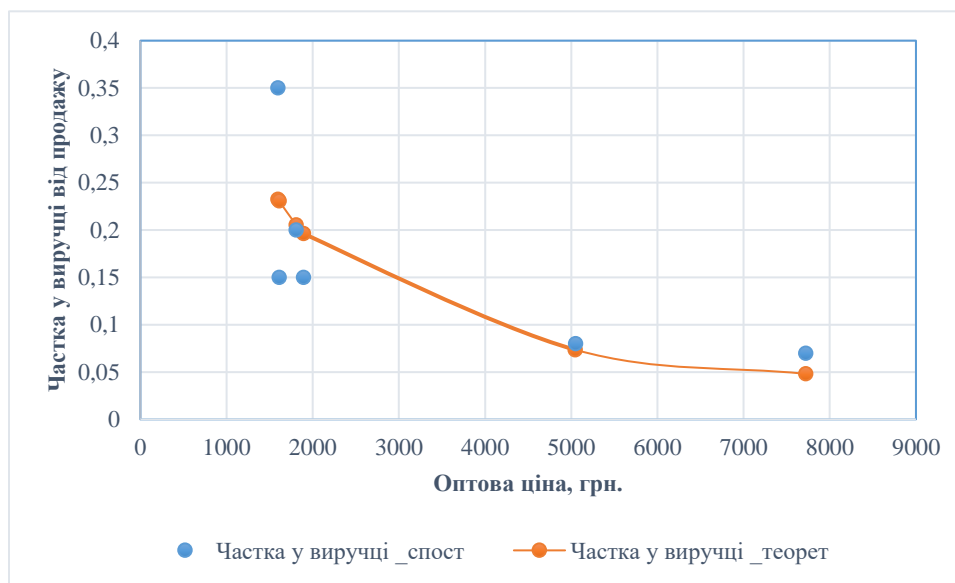


Рис. 1. Графік залежності частки у виручці від продажу (D_P1) від оптової ціни (P_1) для групи товарів «Автосигналізація»

Джерело: побудовано авторами

З представленого графіку видно, що побудована модель досить добре характеризує емпіричні дані. Коефіцієнт кореляції для цієї моделі складає 0,75, а коефіцієнт детермінації 0,56, тобто більш ніж 50% варіації значень залежного показника пояснюється результатами моделі. Тобто, ця модель може бути використана для аналізу та прогнозу, проте слід не забувати й про вплив випадкових факторів.

На рис. 2 приведено графік залежності частки у виручці від продажу (D_P2) від оптової ціни (P_2) для групи товарів «Автоемаль».

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

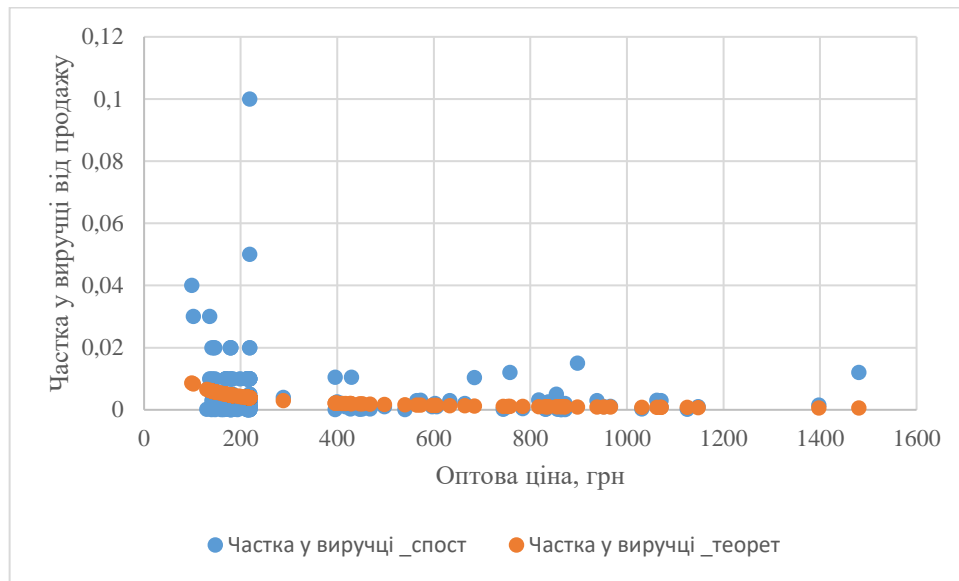


Рис. 2. Графік залежності частки у виручці від продажу (D_{P2}) від оптової ціни (P_2) для групи товарів «Автоемаль»

Джерело: побудовано авторами

Як видно з приведеного графіку моделі, окремі спостереження мають дуже високі відхилення теоретичних значень від емпіричних, що свідчить про дуже високий вплив випадкових та інших факторів, тому коефіцієнт кореляції для цієї моделі низький.

На рис. 3 – 5 представлено графіки залежності частки у виручці від продажу (D_{P3}) від оптової ціни (P_3) для групи товарів «Багажники» з урахуванням підгрупи U_1 – оптові ціни до 2 тис. грн, підгрупи U_2 – оптові ціни понад 2 тис. грн, але менші, ніж 3,5 тис. грн. й підгрупи U_3 – оптові ціни понад 3,5 тис. грн.

Як видно з графіку моделі, представленої на рис. 3, модель відображує основну тенденцію, проте є окремі значні відхилення.

З графіку моделі, представленої на рис. 4 видно, що модель гірше, ніж в попередньому випадку відображує основну тенденцію, бо є окремі значні відхилення. Але якість моделі може бути покращена, якщо оцінка параметру a буде не єдина для всій моделі для групи товарів «Багажники», а з урахуванням підгрупи U_2 .

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

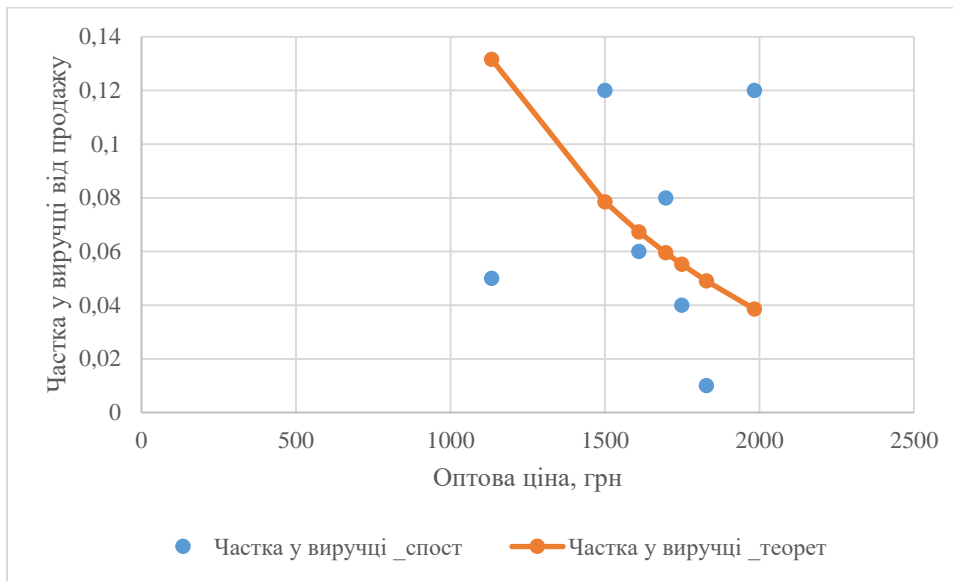


Рис. 3. Графік залежності частки у виручці від продажу (D_P3) від оптової ціни (P_3) для групи товарів «Багажники» (підгрупа U_1)

Джерело: побудовано авторами

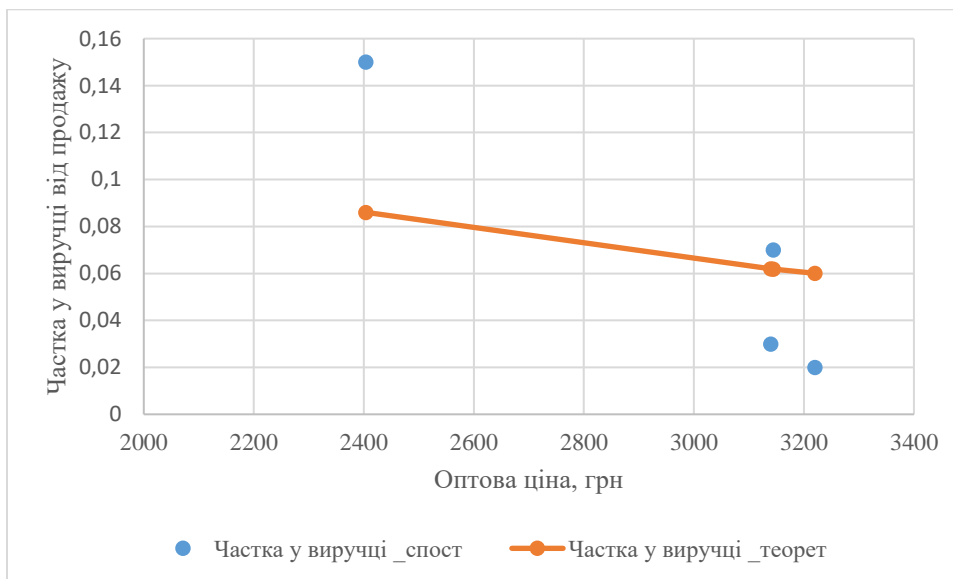


Рис. 4. Графік залежності частки у виручці від продажу (D_P3) від оптової ціни (P_3) для групи товарів «Багажники» (підгрупа U_2)

Джерело: побудовано авторами

З графіку моделі, представленої на рис. 5 також видно, що модель гірше, ніж в випадку для підгрупи U_1 відображує основну тенденцію, бо є окремі значні відхилення. Але якість моделі може бути покращена, якщо

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

оцінка параметру a буде не єдина для всіх моделі для групи товарів «Багажники», а з урахуванням підгрупи U_3 .

Тобто модель для групи товарів «Багажники» (підгрупа U_2 та U_3) повинна бути модифікована, наприклад, через обчислення окремо параметрів a .

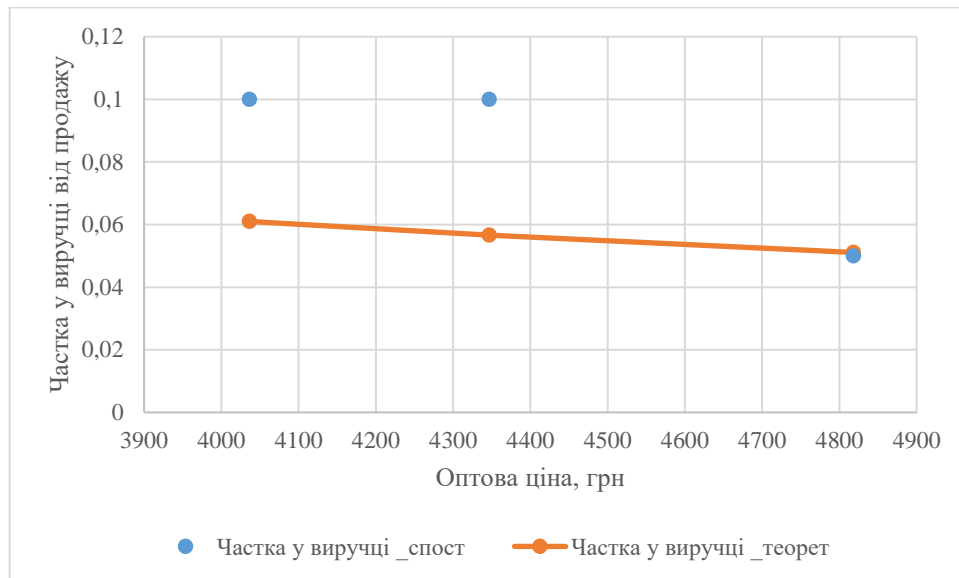


Рис. 5. Графік залежності частки у виручці від продажу (D_{P3}) від оптової ціни (P_3) для групи товарів «Багажники» (підгрупа U_3)

Джерело: побудовано авторами

На рис. 6 представлено графік залежності частки у виручці від продажу (D_{P4}) від оптової ціни (P_4) для групи товарів «Паливний бак».

З представленого графіку видно, що побудована модель досить добре характеризує емпіричні дані. Коефіцієнт кореляції для цієї моделі складає 0,81, а коефіцієнт детермінації 0,65, тобто 65% варіації значень залежного показника пояснюється результатами моделі. Тобто, ця модель може бути використана для аналізу та прогнозу, проте також слід не забувати й про вплив випадкових факторів.

На рис. 7 приведено графік залежності частки у виручці від продажу (D_{P5}) від оптової ціни (P_5) для групи товарів «Акумуляторна батарея».

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

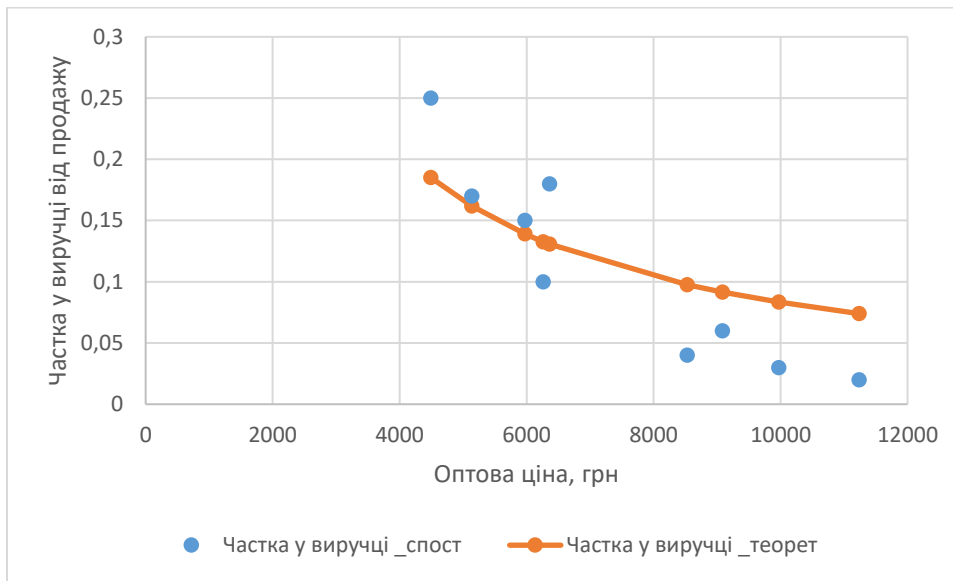


Рис. 6. Графік залежності частки у виручці від продажу (D_P4) від оптової ціни (P_4) для групи товарів «Паливний бак»

Джерело: побудовано авторами

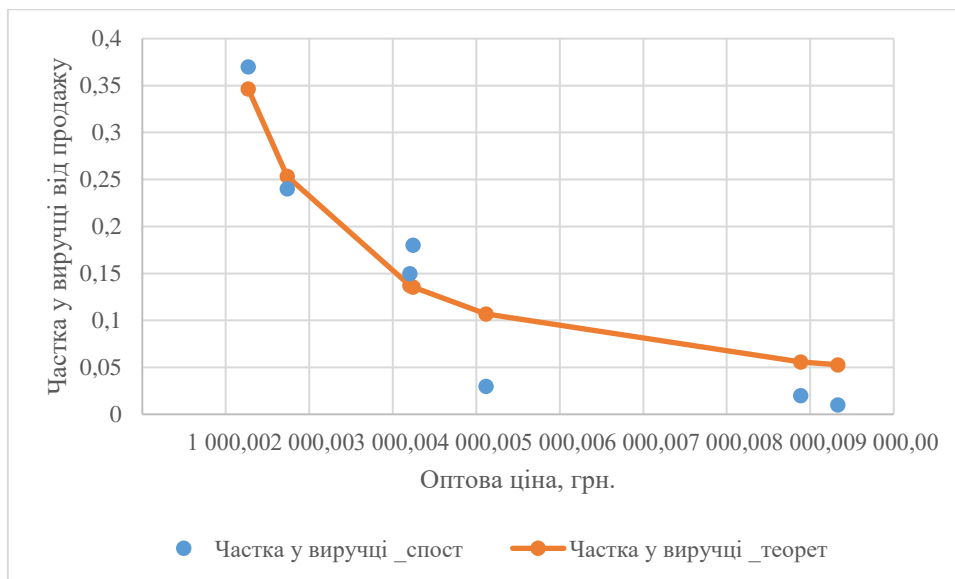


Рис. 7. Графік залежності частки у виручці від продажу (D_P5) від оптової ціни (P_5) для групи товарів «Акумуляторна батарея»

Джерело: побудовано авторами

З представленою графіку видно, що побудована модель досить добре характеризує емпіричні дані. Коефіцієнт кореляції для цієї моделі складає 0,94, а коефіцієнт детермінації 0,89, тобто 89 % варіації значень залежного

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

показника пояснюється результатами моделі. Тобто, ця модель може бути використана для аналізу та прогнозу, а вплив випадкових факторів хоча і є, але не такий суттєвий, як в попередніх випадках.

Таким чином, на підставі проведених розрахунків для даних груп товарів бізнес-структури за допомогою статистичних методів видно, що при розробці моделей ціноутворення на товари оптової торгівлі слід використовувати показники, такі як: ціни закупки та оптові ціни, маржа у грошовому вимірі та у відсотках, середні та середньозважені їх значення, коефіцієнти варіації.

Моделювання попиту від рівня оптових цін є важливим етапом при формуванні управлінських рішень щодо стратегій ціноутворення, тому що зі збільшенням рівня цін обсяг продажів зменшується й бізнес-структурі потрібно додавати окремих зусиль для стимуляції збуту продукції та пошуку цільового сегменту покупців. Проте, хоча й низькі ціни сприяють підвищенню обсягів продажів в наслідок закону попиту, але й зменшують й потенціальний рівень виручки. Крім того, при стратегії низьких цін потрібно розраховувати точки беззбитковості, щоби бізнес-структура не зазнала збитків.

Слід визначити, що апарат економіко-математичного моделювання має потужний потенціал, дозволяє моделювати, аналізувати й прогнозувати різні сценарії щодо формування цін та їх вплив на основні фінансово-економічні показники бізнес-структури. Представлені моделі можуть бути удосконалені та використані для моделювання діяльності віртуальних підприємств в рамках учбового процесу для студентів окремих спеціальностей, пов'язаних з вивченням економічної та збутової діяльності торгових підприємств, які здійснюють оптової торгівлі автозапчастинами, приладдям для автомобілів, деталями й іншими матеріалами для автомобілів. Доцільно також проводити аналіз цін та стратегій ціноутворення на підставі вивчення зарубіжного досвіду, зокрема іноземних компаній, які здійснюють оптову та роздрібну торгівлю автозапчастинами, приладдям для автомобілів, деталями й іншими матеріалами для автомобілів. Отримані студентами навички

ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

дозволять підвищити якість підготовки майбутніх спеціалістів та розвинути застосування економіко-математичних методів та моделей у процесі обґрунтування управлінських рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрусь О.І. Аналіз проблем сучасного ціноутворення в Україні та обґрунтування шляхів підвищення його ефективності. *Ефективна економіка*. 2013. № 5.
2. Литвиненко Я.В. Маркетингова цінова політика. / Я.В. Литвиненко. – К.: Знання, 2010. – 294 с.
3. Мазур О.Є. Ринкове ціноутворення / О. Є. Мазур. - К.: Центр учбової літератури, 2012. - 479 с.
4. Окландер М.А. Маркетингова цінова політика. / М.А. Окландер, О.П. Чукурна. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 240 с.
5. Хомин І. Ціноутворення: теорія і практика. *Галицький економічний вісник*. № 3(58), 2019. С. 37-47.
6. Cavallo, A. (2018). Scraped data and sticky prices. *Review of Economics and Statistics*, 100(1), 105-119.
7. Chintapalli, P., Disney, S. M., & Tang, C. S. (2017). Coordinating supply chains via advance-order discounts, minimum order quantities, and delegations. *Production and Operations Management*, 26(12), 2175–2186.
8. Cho, S. H., & Tang, C. S. (2013). Advance selling in a supply chain under uncertain supply and demand. *Manufacturing & Service Operations Management*, 15(2), 305–319.
9. Gauri, D. K. (2013). Benchmarking retail productivity considering retail pricing and format strategy. *Journal of Retailing*, 89(1), 1–14.
10. Gorodnichenko, Y., Talavera, O. (2017). Price setting in online markets: Basic facts, international comparisons, and cross-border integration. *American Economic Review*, 107(1), pp. 249-282.

ДОДАТКИ

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ І АНОТАЦІЇ

ГЛАВА 1

МОДЕЛЮВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПРОЦЕСІВ

1.1. Impact of shocks on stock markets: comparative analysis for alternative investment asset classes

Andrii Kaminskyi

Professor of Kyiv National Taras Shevchenko University

Denys Butylo

PhD student of Kyiv National Taras Shevchenko University

The shocks in stock markets are a recurrent phenomenon which is evidenced by sharp and deep deviations of market parameters. This usually leads to destabilization of the entire market during a certain period. The recovery of the market which begins after the shock can be realized by different forms and periods. From a theoretical and methodological point of view, shocks are unpredictable events that do not fall under the semi-strong level of market efficiency (according to E.Fama approach), which developed markets typically characterized. Within these limits, we applied a statistical approach to event-analysis of the impact of shocks on alternative investment assets. The alternative investment market has been actively developing in the last decade and its further dynamics generates significant interest among investors. Today, this asset class is actively used by investors in the formation of portfolios. The advantage of this approach is explained by the relatively weak level of interdependence with the market of traditional assets. We used ETF-based approach for analysis. As part of this approach, splitting ETFs into a certain number of classes related to the different nature of alternative assets was involved. As initial point for the study, we formulated three hypotheses regarding the behavior of investors in conditions of shock and reformatting of portfolios. To test the hypotheses, a group of indicators was formed that, in numerical form, reflect the effects assumed in the hypotheses. The indicators were calculated for two shocks of financial markets generated by external factors for the market. The first was the shock caused by the pandemic generated by the Covid-19 virus dissemination. The second was the shock generated by Russia's full-scale invasion of Ukraine. The analysis of the obtained numerical estimates confirmed the hypotheses put forward by us. The market for alternative assets has significantly adjusted for both shocks. But the type of reaction differed between these two shocks and different classes of ETFs. The study identified classes that demonstrated a strong response and those that showed a weak response. The economic substantiation of the obtained results is provided.

Шоки на фондових ринках є явищем, що періодично виникає та виявляє себе різкими та значущими відхиленнями параметрів ринку. Зазвичай це приводить до дестабілізації всього ринку протягом певного періоду. Відновлення ринку, яке починається після шоку може мати різні форми та періоди. З теоретико-методологічної точки зору шоки являють собою непередбачувані події, які не підпадають під середній рівень ринкової ефективності (у відповідності до підходу Ю.Фама), яким типово характеризуються розвинені ринки. В цих межах ми застосували статистичний підхід до івент-аналізу впливу шоків на альтернативні інвестиційні активи. Ринок альтернативних інвестицій активно розвивався в останнє десятиріччя та його подальша динаміка породжує значний інтерес у інвесторів. На сьогодні цей клас активів активно використовується інвесторами у формуванні портфелів. Перевага такого підходу пояснюється порівняно слабким рівнем взаємозалежності з ринком традиційних активів. Для аналізу нами був використаний підхід заснований на використанні ETF (Exchanged Trade Funds). В межах цього підходу було задіяне розбиття цих фондів на певну кількість класів, пов'язаних з різною природою альтернативних активів. В якості вихідних положень для дослідження нами сформульовано три гіпотези щодо поведінки інвесторів

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ І АНОТАЦІЇ

в умовах шоку та переформатування ними портфелів. Для перевірки гіпотез була сформована група показників, які в числовій формі відбивають передбачувані в гіпотезах ефекти. Розрахунок показників був здійснений для двох шоків фінансових ринків, породжених зовнішніми для ринку факторами. Першим виступив шок, обумовлений пандемією, породженою розповсюдженням вірусу Covid-19. Другим у дослідженні був шок, породжений повномасштабним вторгненням Росії до України. Аналіз отриманих числових оцінок підтвердив висунені нами гіпотези. Ринок альтернативних активів суттєво відрегував на обидва шоки. Але тип реакції відрізнявся між шоками та різними класами ETFs. Дослідження ідентифікувало класи, які показали сильну реакцію, та ті які показали слабку реакцію. Наведено економічне обґрунтування отриманих результатів.

1.2. Прикладні аспекти дослідження волатильності фондового ринку

*д. е. н., проф. Буртняк Іван Володимирович,
к. фіз-мат. н., доц. Малицька Ганна Петрівна,*

Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника (м. Івано-Франківськ)

Розглянуті різні підходи до визначення волатильності фондового ринку. Вона є одним з найважливіших індикаторів фінансового ринку і характеризує ступінь коливання цін активів, відображає, наскільки високі відхилення цінових змін щодо загальної тенденції. Волатильність є показником осмисленості дій учасників фондового ринку. Таким чином, волатильність є ключовим поняттям для оцінки ринкового ризику та прийняття рішень щодо вкладення коштів. Подальшим кроком у розвитку індикаторів волатильності є створення нових похідних інструментів, тобто інвестори також отримають можливість хеджувати ризики, пов'язані з ростом коливань на фінансових ринках, і отримувати додатковий прибуток за рахунок підвищення ефективності управління портфелем.

Consider different approaches to the definition of stock market volatility. It is one of the most important indicators of the financial market and characterizes the degree of fluctuation of the prices of assets, reflects how high the deviations of price changes in the general trend. Volatility is an indicator of meaningfulness of actions of stock market participants. Thus, volatility is a key concept for assessing market risk and making investment decisions. A further step in the development of volatility indicators is the creation of new derivatives, ie investors will also be able to hedge risks associated with increasing fluctuations in financial markets, and earn additional profits by improving the efficiency of portfolio management.

1.3. Аналіз валютного курсу за допомогою нейронних мереж

*д. е. н., проф. Буртняк Іван Володимирович,
к. фіз-мат. н., доц. Малицька Ганна Петрівна,*

Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника (м. Івано-Франківськ)

Здійнено аналіз, щодо застосування інформаційних технологій до дослідження стану фінансового ринку, а саме до дослідження динаміки курсу української валюти, яка дозволить зробити висновок щодо ринку в цілому. Застосовано дослідницький аналіз даних, що дозволяє здійснити узагальнення, візуалізацію основних характеристик набору даних. При аналізі та передбаченні динаміки складних фінансових систем в даний час не можна обійтися без такого потужного інструменту як мови програмування Python та нейромережних технологій. Нейронні мережі знаходять нові успішні застосування в практиці управління та прийняття рішень, у тому числі – у фінансовій та торговельній сферах, тобто усюди, де потрібно знайти певну приховану закономірність та зробити прогноз інструментів фондового ринку, спрямованих на досягнення макроекономічної стабілізації та динамічного розвитку фінансового ринку. Можна стверджувати, що найкращий результат дає поєднання інформаційних технологій з експертними системами це дозволяє з великою точністю обчислювати значення цін деривативів та проводити моніторинг

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ І АНОТАЦІЇ

зміни швидкості фінансових потоків. Використана методика дозволяє збільшити точність прогнозу та приймати обґрунтовані управлінські стратегічні рішення учасниками фондового ринку.

The article analyzes the application of information technologies to the study of the state of the financial market, namely to the study of the dynamics of the Ukrainian currency exchange rate, which will allow us to draw a conclusion about the market as a whole. Exploratory data analysis is applied, which allows generalization and visualization of the main characteristics of the data set. When analyzing and predicting the dynamics of complex financial systems, one cannot do without such a powerful tool as the Python programming language and neural network technologies. Neural networks find new successful applications in the practice of management and decision-making, including in the financial and trade spheres, i.e. wherever it is necessary to find a certain hidden regularity and make a forecast of stock market tools aimed at achieving macroeconomic stabilization and dynamic development of the financial market. It can be argued that the best result is provided by the combination of information technologies with expert systems, which allows to calculate the value of derivatives prices with great accuracy and to monitor changes in the speed of financial flows. The used technique allows to increase the accuracy of the forecast and to make informed management strategic decisions by the participants of the stock market.

1.4. Моделювання тривалості клієнтської активності в банку з використанням регресійної моделі виживання Вейбулла

*д. е. н., проф. Піскунова Олена Валеріївна
асп. Клочко Ростислав Сергійович*

ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»

У дослідженні використовується регресійна модель виживання Вейбулла для визначення факторів, що впливають на тривалість активності клієнтів банку з автокредитом. У статті було використано статистику щодо клієнтів банку, які були залучені у період з 2018 по 2022 рік, першим продуктом яких став кредит на автомобіль. Набір даних включав 14 830 записів з описом статі, віку, доходу та регіону проживання клієнтів. Метою дослідження є пошук найкращої комбінації соціально-демографічних характеристик клієнта, яка забезпечує найдовшу співпрацю з банком. Всі розрахунки та візуалізацію проводили в програмному забезпеченні Rstudio з використанням мови програмування R. Було побудовано окремі моделі для кожної характеристики клієнта та загальну модель з урахуванням усіх факторів. Кращу якість, за критерієм АІС, показала модель з урахуванням усіх соціально-демографічних характеристик клієнта. З допомогою функції stepAIC модель було оптимізовано, прибравши статистично незначущі рівні факторів. Результати моделювання підтверджують, що клієнти жіночої статі, які проживають в Києві чи в Східних регіонах, віком 35-45 років, та доходом до 70 тис грн в місяць статистично мають довшу тривалість активності. Отримані результати можуть бути корисними банкам при розробці тарифів і продуктових пропозицій для залучення та утримання цільової аудиторії.

The study uses a Weibull survival regression model to identify the factors influencing activity duration of car loan clients. The article used statistics on the bank's clients that were opened from 2018 to 2022, the first product of which was a car loan. The dataset included 14 830 records describing customers' gender, age, income, and region of residence. The research aims to find the best combination of the client's socio-demographic characteristics, ensuring the most prolonged cooperation with the bank. All calculations and visualization were performed in the Rstudio software using the R programming language. Separate models were built for each customer characteristic, and a general model considered all factors. According to the AIC criterion, the best quality was shown in the general model. The model was optimized by removing statistically insignificant factor levels using the stepAIC function. The modeling results confirm that female clients living in Kyiv or the Eastern regions, aged 35-45 years old, with an income of up to UAH 70 000 per month, statistically have a longer client activity. The obtained results can be helpful for banks during tariffs and product offers development to attract and retain the target audience.

1.5. Modeling of relationships between macroeconomic indicators and sovereign debt indicators

Pilko Andriy Dmytrovych
Chepyha Bohdan Tarasovych

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University (Ivano-Frankivsk)

The conducted analysis of statistical data, and also use of econometric analysis, made it possible to propose a possible approach to solving the problem of assessing the character and formalization of complex cause-and-effect relationships between macroeconomic indicators and parameters of the sovereign debt and monetary policy. A methodology of modeling of main parameters of the sovereign debt and monetary policy based on monthly data for 144 reporting periods (since 2010) was proposed. The developed models include both 6 equations of the vector autoregressive model and 6 equations of the structural equation model, which include 16 variables, including 6 endogenous and 10 exogenous. Based on the developed models, indicators of the tightness of the connection of factor parameters with the resulting one in each equation were calculated, namely: the elasticity coefficients, the beta-coefficients and indirect beta-coefficients. The possibility of researching the impact of an inflation shock on the volume of the internal debt was demonstrated. Forecast for the next 24 periods of internal debt was presented. The conducted econometric analysis of the formed models showed the presence of statistically significant parameter estimates for variables that correspond to monetary indicators in each of the equations, which confirms the existence of a significant influence of monetary policy on the formation of internal debt. It can be argued that further research in the chosen direction will allow to optimize the management processes of both debt and monetary components of the macroeconomic policy, for the sake of stability in the entire environment and the development of strategies for its achievement.

Проведений аналіз статистичної інформації, а також використання методів економетричного аналізу дозволили запропонувати можливий підхід до вирішення задачі оцінювання характеру та формалізації складних причинно-наслідкових взаємозв'язків між макроекономічними показниками та параметрами боргової і монетарної політики держави. Виходячи з цього, запропоновано на основі щомісячної інформації за 144 звітних періоди (починаючи з 2010 року) методику моделювання основних параметрів боргової і монетарної політики. Розроблені моделі включають по 6 рівнянь векторної авторегресивної та моделі структурних рівнянь, до складу яких входять 16 змінних, зокрема 6 ендогенних та 10 екзогенних. На основі розроблених моделей розраховано показники тісноти зв'язку факторних параметрів з результуючою у кожному рівнянні, а саме: коефіцієнти еластичності, бета-коефіцієнти та непрямі бета-коефіцієнти. Було продемонстровано можливість вивчення впливу шоку інфляції на величину внутрішнього держборгу. Представлено розраховані прогностичні значення величини внутрішнього державного боргу на наступні 24 звітних періоди. Проведений економетричний аналіз сформованих моделей показав наявність статистично значимих оцінок параметрів при змінних, які відповідають монетарним показникам в кожному з рівнянь, що підтверджує існування значного впливу грошово-кредитної політики на формування внутрішнього боргу. Можна стверджувати, що проведення подальших досліджень в обраному напрямі дозволить оптимізувати процеси управління як борговою, так і монетарною складовими макроекономічної політики держави, заради стабільності у всьому середовищі та розробки стратегій для її досягнення.

1.6. Підходи до моделювання впливу інфляційних очікувань на інфляцію

*асп. Крамар Віталій Русланович
к.е.н., доц. Пілько Андрій Дмитрович*

Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника (м. Івано-Франківськ)

Значну роль інфляційних очікувань у досягненні й утриманні цінової стабільності підкреслюють основні засади монетарної політики багатьох центральних банків як країн з розвинутою економікою, так і з ринками що розвиваються, в тому числі й Національного банку України. Суб'єкти економіки, в першу чергу, домогосподарства та фірми, які залучені до ринків реальних і фінансових активів, а також на ринку праці, формують свої як коротко-, так і довгострокові стратегії розвитку виходячи з власних очікувань щодо майбутніх цінових коливань, а також відповідних макроекономічних прогнозів. Враховуючи важливість інфляційних очікувань для монетарної політики, яка відображається каналом очікувань, центральні банки та академічна спільнота виділяють значні ресурси для проведення аналізу та моделювання впливу інфляційних очікувань на інфляцію. За допомогою комплексів взаємопов'язаних моделей аналітики намагаються описати увесь спектр та динаміку багаторівневої системи розгалужених взаємозв'язків між інфляційними очікуваннями, фактичною інфляцією та іншими макроекономічними показниками, зокрема обсягами виробництва, рівнем безробіття, показниками системи національних рахунків, обсягами міжнародних резервів, торговельним та платіжним балансами, показниками державного боргу тощо. У даній роботі проаналізовано основні підходи до моделювання впливу інфляційних очікувань на інфляцію. Розуміння суті існуючих підходів до постановки та вирішення задачі аналізу впливу інфляційних очікувань на інфляцію, а також ключові макрофінансові та макроекономічні показники дозволить якісно по новому підійти до формування нових моделей, і, відповідно, кращого обґрунтування прийняття рішень з монетарної політики.

A significant role of inflation expectations in achieving and maintaining price stability is emphasized by the monetary policy guidelines of many central banks, both in advanced economies and in emerging markets, including the National Bank of Ukraine. The subjects of the economy, primarily households, and firms involved in the markets of real and financial assets, as well as in the labor market, form both short- and long-term development strategies based on their expectations about future price fluctuations, as well as the relevant macroeconomic forecasts. Given the importance of inflation expectations for monetary policy as reflected in the expectations channel, central banks, and the academic community devote considerable resources to analyzing and modeling the impact of inflation expectations on inflation. With the help of complexes of interrelated models, analysts try to describe the entire spectrum and dynamics of a multi-level system of branched relationships between inflation expectations, actual inflation, and other macroeconomic indicators, in particular, production volumes, unemployment rates, indicators of the system of national accounts, volumes of international reserves, balances of trade and payments, public debt, etc. This paper analyzes the main approaches to modeling the impact of inflation expectations on inflation. Understanding the essence of existing approaches to setting and solving the problem of analyzing the impact of inflation expectations on inflation, as well as key macro-financial and macroeconomic indicators, will allow a qualitatively new approach to the formation of new models and, accordingly, a better justification for monetary policy decision-making.

1.7. Impact of features of funding mechanisms of healthcare systems on their efficiency in EU countries

Vira Dubrovina

S. Kuznets University of Economics (Kharkiv)

In the paper the problems of the efficiency of healthcare systems are considered, the different definitions are presented, and comparative analysis is provided. As the research problem, the relation between financial mechanisms of healthcare and the quality of healthcare services and satisfaction of patients on the example of the EU countries is defined. In the work, the relations between general government expenditure on health per capita, health life years and self-perceived health state have studied and proved that in some countries the policy of financing health systems was quite flexible and changed, while in other countries this policy was stable for a long-term period. At the same time, a number of social, economic, political and institutional factors influence the policy of financing health systems, which should also be taken into account and studied in connection with the changing characteristics of financing the health system and its efficiency in the country.

У статті розглянуто проблеми ефективності систем охорони здоров'я, наведено різні підходи до визначення ефективності та проведено їх порівняльний аналіз. Як проблема дослідження визначено зв'язок фінансових механізмів охорони здоров'я з якістю медичних послуг та задоволеністю пацієнтів на прикладі країн ЄС. У роботі вивчено зв'язок між загальними державними витратами на охорону здоров'я на душу населення, роками здорового життя та самооцінкою стану здоров'я; доведено, що в деяких країнах політика фінансування систем охорони здоров'я була достатньо гнучкою та змінювалась, в той час, як в інших країнах вона залишалась стабільною протягом тривалого періоду. Водночас встановлено, що на політику фінансування систем охорони здоров'я впливає низка соціальних, економічних, політичних та інституційних факторів, які також слід враховувати й досліджувати у зв'язку зі зміною характеристик фінансування системи охорони здоров'я та її ефективності в країні.

ГЛАВА 2

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

2.1. Аналіз безробіття методами машинного навчання

д. е. н., проф. Меркулова Т. В.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Літвіна М. О.

Управління аналітики та SVM ПриватБанк (Україна)

Мета даного дослідження – проаналізувати динаміку показників зайнятості та безробіття в Україні на тлі міжнародних тенденцій та виявити взаємозв'язок безробіття та соціально-економічних показників розвитку країн за допомогою методів машинного навчання. На підставі сформованого датасету із 62 країн та 85 показників проведено кластеризацію двома методами (J-середніх та ієрархічна), які дали схожі результати. Отримано 9 кластерів, проаналізовано відмінності середніх значень показників зайнятості та соціально-економічних характеристик в кластерах.

The goal of the study is to analyze unemployment in Ukraine in the context of international tendencies and to discover the relationship between unemployment and socio-economic development using machine learning. The dataset including 62 countries and 85 variables was clustered by hierarchy and k-means methods. The results were similar and provided 9 clusters. The variations of average values of unemployment and socio-economic development indicators in clusters were analyzed.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ І АНОТАЦІЇ

2.2. Аналіз динаміки українських синтетичних індикаторів якості життя та їхніх детермінант

к. е. н., доц. Артеменко В. Б.

Львівський торговельно-економічний університет

Артеменко О. В.

ТОВ Гоу Ту-Ю Україна (Львів),

Розглядаються підходи до дослідження динаміки українських синтетичних індикаторів якості життя (СІЯЖ) та їхніх детермінант, які виділені на засадах економетричного аналізу з апіорного набору параметрів економічної політики держави. Представлені результати аналізу траєкторій цих СІЯЖ і їхніх детермінант упродовж 2010-2019 років. Отримані результати свідчать про те, що на засадах аналізу динаміки українських синтетичних індикаторів якості життя та їхніх детермінант можна виявляти проблемні сфери соціально-економічного розвитку України, на які необхідно насамперед впливати засобами державної економічної політики.

Approaches to the study of the dynamics of Ukrainian synthetic indicators of the quality of life (SIQL) and their determinants, which are selected on the basis of econometric analysis from an a priori set of parameters of the state's economic policy, are considered. The results of the analysis of the trajectories of these SIQL and their determinants during 2010-2019 are presented. The obtained results indicate that on the basis of the analysis of the dynamics of Ukrainian synthetic indicators of the quality of life and their determinants, it is possible to identify problematic areas of the socio-economic development of Ukraine, which must first of all be influenced by the means of state economic policy.

2.3. Strategic objectives and instruments for post-war recovery of Ukrainian engineering

Kushnirenko Oksana, Doctor of Science, Senior Researcher

Gakhovych Nataliia, PhD, Senior Researcher

State Organization "Institute for Economics and Forecasting, NAS of Ukraine"

The present study focuses on the definition of the policy goals and strategic tasks for post-war industry recovery with the identification of perspective types of Ukrainian engineering, based on the pan-European vector of integration and ensuring national interests. Improving investment climate, creating a network of industrial parks, stimulating cluster movement, promoting partnerships with foreign manufacturers, supporting export activities and diversifying production, introducing incentive and compensation mechanisms at the state, regional and local levels; expansion of domestic demand for domestic engineering products has been rightly identified as the important instruments in the war and post-war period of the Ukrainian machine building recovery.

У даному дослідженні йдеться про визначення політичних цілей і стратегічних завдань післявоєнного відновлення промисловості з визначенням перспективних видів українського машинобудування, що базуються на загальноєвропейському векторі інтеграції та забезпеченні національних інтересів. Покращення інвестиційного клімату, створення мережі індустріальних парків, стимулювання кластерного руху, сприяння партнерству з іноземними виробниками, підтримка експортної діяльності та диверсифікації виробництва, запровадження механізмів стимулювання та компенсації на державному, регіональному та місцевому рівнях; розширення внутрішнього попиту на продукцію вітчизняного машинобудування справедливо визначено важливим інструментом у воєнний і повоєнний період відновлення українського машинобудування.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ І АНОТАЦІЇ

2.4. Особливості прийняття управлінських антикризових рішень в умовах епідемічної небезпеки поширення COVID-19

к. т. н., доц. Тютюник О. О.

Харківській національній економічній університет імені Семена Кузнеця

д. т. н., проф. Тютюник В. В.

Національний університет цивільного захисту України (Харків)

З метою подальшого розвитку науково-технічних основ створення в єдиній державній системі цивільного захисту (ЄДСЦЗ) інформаційно-аналітичної підсистеми управління процесами запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій, в роботі розглянуті особливості функціонування ситуаційних центрів при епідемічній небезпеці поширення COVID-19 та розроблено процедуру підтримки прийняття на регіональному рівні управління антикризових рішень стосовно реалізації дій за призначенням, які спрямовані на мінімізацію наслідків від надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру, в умовах епідемічної небезпеки поширення COVID-19.

In order to further develop the scientific and technical foundations for creating an information and analytical subsystem for managing the processes of preventing and eliminating emergencies in the Unified State Civil Protection System, the paper considers the features of the functioning of situational centers in the epidemic danger of the spread of COVID-19 and developed a procedure to support the adoption at the regional level of management anti-crisis solutions regarding the implementation of actions for the intended purpose, aimed at minimizing the consequences of emergencies of a medical and biological nature, in the context of the epidemic danger of the spread of COVID-19.

2.5. Forecasting of average salary in Ukraine based on exponential smoothing models by Data Science tools

Kmytiuk Tetyana, PhD, assoc. prof.

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

The paper presents the results of a statistical analysis of average salary in Ukraine during 2005-2021. The main trends of the average monthly salary are determined and a forecast of its size is made. Exponential smoothing model like as ETS (Error, Trend, Seasonal) was chosen as the method of forecasting the level of average salary in Ukraine. The study focuses on trend and seasonal components for salary forecasting. The idea was to give more importance to the last values in the time series. The corresponding statistical comparisons of models are also given. The experimental results show that such approach provides high accuracy in predicting the values of the level of average salary. Moreover, research accuracy was improved by using data science tools.

У статті наведено результати статистичного аналізу середньої заробітної плати в Україні протягом 2005-2021 років. Визначено основні тенденції середньомісячної заробітної плати та зроблено прогноз її розміру. Як метод прогнозування рівня середньої заробітної плати в Україні обрано модель експоненціального згладжування ETS (Error, Trend, Seasonal). Дослідження зосереджено на наявних складових: тенденції та сезонності. Ідея полягала в тому, щоб надати більшого значення останнім значенням часового ряду. Також наведено відповідні статистичні порівняння моделей. Отриманні результати показують, що такий підхід забезпечує високу точність прогнозування значень рівня середньої заробітної плати. Більше того точність дослідження було покращено за допомогою використання інструментів науки про дані.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ І АНОТАЦІЇ

2.6. Як змінюється зайнятість?: моделі та експерименти

*д. е. н., проф. Гур'янова Л.С.
д. е. н., проф. Пономаренко В.С.
маг. Орлова А.О.*

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

*проф. Пеліова Я.
проф. Ніжинський Е.*

Економічний університет в Братиславі (Словаччина)

У роботі запропоновані моделі Data Science для комплексної оцінки зайнятості та продуктивності за стадіями цифрового розвитку; моделі аналізу впливу інвестицій в інновації на рівень зайнятості; моделі прогнозування кількості вакансій за сферами економічної діяльності. Отримані результати можуть розглядатися як інструмент підтримки прийняття рішень щодо адаптації системи превенції дисбалансів і регулювання ринку праці та превентивного оновлення освітніх програм для зниження тривалості структурного безробіття.

The Data Science models for comprehensive assessment of employment and productivity by stages of digital development was proposed; models for analyzing the impact of investment in innovation on the level of employment was developed; models for forecasting the number of vacancies by sphere of economic activity was proposed. The obtained results can be considered as a tool for support decision-making in the system of imbalances prevention, regulation of the labor market and adaptation of educational programs for reduce the duration of structural unemployment.

2.7. Моделі адаптивного управління якістю освітніх онлайн послуг

асп. Яковлєв А. А.

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

У цій роботі розглянуто важливість оцінки якості освітніх онлайн-послуг, описано проблеми, що викликаються неякісними освітніми онлайн-послугами, а також запропоновано комплекс моделей адаптивного управління якістю освітніх онлайн-курсів як виду освітніх онлайн-послуг, який досить легко висловити в числових показниках і, при цьому, досить гнучкий для постійних коригувань. Частина моделей із запропонованого комплексу були протестовані та описані проблеми, які виявили себе в результаті. Ця робота буде цікава тим, хто зацікавлений у темі дослідження.

This paper discusses the importance of evaluating the quality of online educational services, describes the problems caused by low-quality online educational services, and also proposes a set of models for adaptive quality management of online educational courses, as a type of online educational services, which is quite easy to express in numerical terms and yet flexible enough to make constant adjustments. Some of the models from the proposed complex were tested and the problems that manifested themselves as a result were described. This work will be of interest to those who are interested in the research topic.

2.8. Моделювання динаміки складних ієрархічних систем на основі економіки інтелекту та віральності процесів розвитку

д. е. н., проф. Сергієнко О. А.

НТУ «Харківський політехнічний інститут» (Україна)

В роботі удосконалено засади моделювання розвитку складних ієрархічних систем (СІС) щодо розбудови економіки інтелекту в умовах високого рівня невизначеності й стохастичності середовища та

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ І АНОТАЦІЇ

нелінійної природи перебігу соціально-економічних процесів, спрямованих на вирішення задач керованого векторного розвитку шляхом реалізації їх у вигляді систем підтримки прийняття рішень і підвищення якості управління на основі продукування інноваційно-інвестиційної діяльності на засадах віральності розвитку. Розроблена концепція моделювання механізмів розвитку СІС ґрунтується на динамічні нелінійні моделі з застосуванням агрегованого комплексу механізмів розвитку для кожної з досліджуваних систем і підсистем з урахуванням специфіки характерних процесів на основі інтегрованих критеріїв ефективності, що враховують не тільки кількісні та якісні результати, але й ступінь задоволеності стейкхолдерів, партнерів і реалізуються через методи та моделі функціонального, організаційного, мотиваційного та інституціонального управління.

Апробація розроблених моделей і концептуальних підходів дозволили довести головну наукову гіпотезу дослідження про можливість наближення до оптимальної траєкторії вірального розвитку процесів і систем за рахунок застосування модельного базису управління розвитком з урахуванням їх унікальності та складності, взаємозв'язків і взаємодій. Результати є теоретичним і методологічним підґрунтям для подальших досліджень у галузі розвитку СІС в економіці щодо прискорення інтелектуального розвитку на засадах віральності інноваційно-інвестиційних процесів.

The paper enhances the theoretical and methodological foundations of modeling the development of complex hierarchical systems (CHS) for the construction of an intelligence economy in conditions of high levels of uncertainty and stochasticity in the environment, as well as the nonlinear nature of socio-economic processes aimed at solving the tasks of controlled vector development through the implementation of decision support systems and improving management quality based on the generation of innovation and investment activities on the principles of viral development. The developed concept of modeling the mechanisms of CHS development is based on dynamic nonlinear models using an aggregated complex of development mechanisms for each of the studied systems and subsystems, taking into account the specificity of characteristic processes based on integrated criteria of efficiency that consider not only quantitative and qualitative results but also the degree of satisfaction of stakeholders and partners, implemented through methods and models of functional, organizational, motivational, and institutional management.

The validation of the developed models and conceptual approaches allowed confirming the main research hypothesis regarding the possibility of approaching the optimal trajectory of viral development of processes and systems through the application of a management model base that considers their uniqueness and complexity, interdependencies, and interactions. The results serve as a theoretical and methodological basis for further research in the field of CHS development in the economy, aiming to accelerate intellectual development based on the principles of viral innovation and investment processes.

2.9. Risks for local public transport in the modern challenges for transport industry

Jane Weber, PhD student

University of Economics and Management in Bratislava (Slovakia)

The transport sector plays a crucial role, as it accounts for a significant share of greenhouse gas emissions. This is why the environmental impact must also be reduced for this market. At the same time, the demand for mobility is increasing, which is why a sustainable transport offer must be developed. This offer on the mobility market is composed of private transport, public transport, and private non-public transport and can be differentiated as part of the basic supply under subsidies or without subsidized tariffs, or in long-distance and local transport. Local public transport is favoured, among other things, for environmental reasons in Germany or Austria, through subsidies and tax advantages for the consumer, in order to increase its attractiveness for the end customer, to advance the mobility turnaround, and advance political goals. The overall objective is to compile a comprehensive

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ І АНОТАЦІЇ

evaluation of the innovations that influence local public transport, to derive opportunities and risks from them, and to present them.

Транспортний сектор відіграє вирішальну роль, оскільки на нього припадає значна частка викидів парникових газів. Ось чому для цього ринку необхідно також зменшити вплив на навколишнє середовище. Водночас попит на мобільність зростає, тому необхідно розмістити пропозицію сталого транспорту. Ця пропозиція на ринку мобільності складається з приватного транспорту, громадського транспорту та приватного негромадського транспорту та може бути диференційована як частина основного постачання за субсидіями або без субсидованих тарифів, або в міжміському та місцевому транспорті. Місцевому громадському транспорту в Німеччині чи Австрії надають перевагу, серед іншого, з екологічних міркувань, через субсидії та податкові пільги для споживачів, щоб підвищити його привабливість для кінцевого споживача, сприяти зміні мобільності та політичним цілям. Загальна мета полягає в тому, щоб скласти комплексну оцінку інновацій, які впливають на місцевий громадський транспорт, витягти з них можливості та ризики та представити їх.

ГЛАВА 3 ІНСТРУМЕНТИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ

3.1. Рефлексивне управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі із використанням інструментів штучного інтелекту

д. е. н., доц., п. н. с. Турлакова С. С.

Інститут економіки та прогнозування НАН України

Обґрунтовано актуальність дослідження процесів управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту на основі рефлексивного підходу. Центральною ідеєю пропонованих концептуальних положень визначена ув'язка досліджень взаємодій економічних агентів в межах теорій поведінкової економіки із дослідженнями існуючих інструментів штучного інтелекту в управлінні поведінкою економічних агентів у цифровому просторі. Сформовано гіпотезу дослідження про те, що з використанням методів штучного інтелекту можна виявляти рефлексивні особливості проявів поведінки та використовувати їх в управлінні економічними агентами для підвищення ефективності функціонування соціально-економічних систем. Визначено можливі ситуації економічної взаємодії економічних агентів в межах окресленої гіпотези. Запропоновано основні положення інтегрованої наукової концепції, що визначає ключові параметри управління поведінкою економічних агентів у цифровому просторі з використанням інструментів штучного інтелекту в межах рефлексивних характеристик агентів, які визначають особливості їх поведінки. Намічено перспективні напрями досліджень.

The relevance of studying the processes of managing the behavior of economic agents in the digital space using artificial intelligence tools based on the reflexive approach is substantiated. The central idea of the proposed conceptual provisions is the linking of studies of interactions of economic agents within the framework of theories of behavioral economics with studies of existing artificial intelligence tools in managing the behavior of economic agents in the digital space. A research hypothesis was formed that using artificial intelligence methods, it is possible to identify reflexive features of behavioral manifestations and use them in the management of economic agents to increase the efficiency of the functioning of socio-economic systems. Possible situations of economic interaction of economic agents within the outlined hypothesis are determined. The main provisions of the integrated scientific concept, which defines the key parameters of managing the behavior of economic agents in the digital space with the use of artificial intelligence tools within the reflexive characteristics of agents that determine the peculiarities of their behavior, are proposed. Prospective areas of research are planned.

3.2. Use of artificial intelligence and the Amazon Textract service in banking electronic document management systems

Ustenko Stanislav, PhD in Economics, Professor

Ostapovych Taras, postgraduate

State Higher Education Institution "Vadym Hetman Kyiv National Economic University"

Electronic document management systems have a great prospect of use in the banking sector, all information stored in electronic document management systems requires further analysis and processing, this involves the use of a machine learning service to build a semantic search result, which implies the presence of a search service with the thinking of artificial intelligence and the ability provide links to clearly reasoned answers. Such a service that satisfies the needs of semantic search is the Amazon Kendra service, the question of using such a service is more relevant than ever for the construction of modern banking products. Under such conditions, an important area of research is the assessment of the efficiency of Amazon Kendra in the banking sector, which necessitates the development of a conceptual model for assessing the efficiency of banks for making management decisions aimed at improving the efficiency of individual banks and the banking system as a whole.

Системи електронного документообігу мають велику перспективу використання в банківському секторі, вся інформація, що зберігається в системах електронного документообігу, потребує подальшого аналізу та обробки, це передбачає використання сервісу машинного навчання для побудови семантичного результату пошуку, що передбачає наявність пошукового сервісу з мисленням штучного інтелекту та можливістю надання посилань на чітко аргументовані відповіді. Таким сервісом, що задовольняє потреби семантичного пошуку, є сервіс Amazon Kendra, питання використання такого сервісу як ніколи актуальне для побудови сучасних банківських продуктів. За таких умов важливим напрямком досліджень є оцінка ефективності Amazon Kendra у банківському секторі, що зумовлює необхідність розробки концептуальної моделі оцінки ефективності банків для прийняття управлінських рішень, спрямованих на підвищення ефективності індивідуальних банків та банківська система в цілому.

3.3. Рефлексивне управління поведінкою фахівців з маркетингу за допомогою інструментів штучного інтелекту

к. е. н. Шуміло Я. М.

Інститут економіки та прогнозування НАН України

Обґрунтована актуальність управління поведінкою фахівців з маркетингу за допомогою інструментів штучного інтелекту. Представлена схема взаємодії економічних агентів в цифровому просторі, де автоматизовані системи штучного інтелекту використовує об'єкт управління - фахівець з маркетингу та штучний інтелект впливає на результат прийняття рішень фахівцем з маркетингу. Розглянуто приклади рефлексивного управління поведінкою фахівців з маркетингу за допомогою інструментів штучного інтелекту. Наведено вигоди від використання інструментів штучного інтелекту в системі рефлексивного управління поведінкою фахівців з маркетингу на етапі створення маркетингової стратегії.

The relevance of managing the behavior of marketing specialists using artificial intelligence tools is substantiated. A scheme of interaction of economic agents in the digital space is presented, where automated artificial intelligence systems are used by the object of management - a marketing specialist and artificial intelligence affects the result of decision-making by a marketing specialist. Examples of reflective management of the behavior of marketing specialists using artificial intelligence tools are considered. The benefits of using artificial intelligence tools in the system of reflexive behavior management of marketing specialists at the stage of creating a marketing strategy are presented.

3.4. Методи і моделі Data Science в маркетинговому аналізі продуктового портфеля компанії

д. е. н., проф. Гур'янова Л. С.

к. е. н., доц. Яценко Р. М.

маг. Андрусик Є. В.

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

проф. Філін С.

Братиславський університет економіки та менеджменту (Словаччина)

У роботі запропоновано комплекс моделей маркетингового аналізу продуктового портфеля торговельних автомобільних компаній, розроблений на основі таких методів Data Science, як метод рівня розвитку, регресійний аналіз, кластерний аналіз, канонічні кореляції. Запропонований комплекс моделей включає: моделі оцінки рівня конкурентоспроможності компанії, продукції (послуг з постачання автозапчастин); моделі класифікації компаній за загальним рівнем конкурентоспроможності та конкурентоспроможності продукції (послуг); моделі оцінки впливу рівня конкурентоспроможності продукції (послуг) на рівень конкурентоспроможності підприємства. Запропонований комплекс моделей дозволяє провести аналіз структури продуктового портфеля компанії та виділити ті номенклатурні позиції, які дозволяють отримати додатковий дохід.

The set of models for marketing analysis of the product portfolio of commercial automobile companies was developed on the basis of such Data Science methods as taxonomy methods, regression analysis, cluster analysis, canonical correlations. The set of models includes: models for assessing the level of competitiveness of the company, products (services); classification models of companies according to the general level of competitiveness and competitiveness of products (services); models for assessing the impact of the level of competitiveness of products (services) on the level of competitiveness of the enterprise. The set of models allows to analyze the structure of the company's product portfolio and highlight those nomenclature positions that allow company to get additional income.

3.5. Вплив інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами

Логвіненко Б. І., PhD

Інститут економіки та прогнозування НАН України

Досліджено основні складові впливу штучного інтелекту в управлінні поведінкою людськими ресурсами. Розглянуто існуючі методи впливу на об'єкти управління та визначено ефективним використання методу рефлексивного управління щодо результату прийняття рішень економічними агентами у цифровому просторі. Визначені цілі впливу на об'єкт управління та на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами. У роботі розглянутий рефлексивний метод управління людськими ресурсами на основі штучного інтелекту який спричиняє позитивний вплив на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами. Визначено особливості рефлексивного управління та ефективність його впливу інструментів штучного інтелекту на результат прийняття рішень економічних агентів у цифровому просторі в управлінні поведінкою людськими ресурсами.

The main components of the impact of artificial intelligence in the management of human resource behaviour are studied. The existing methods of influencing the objects of management are considered and the use of the method of reflective management in relation to the result of decision-making by economic agents in the digital

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ І АНОТАЦІЇ

space is determined to be effective. The goals of influencing the object of management and the result of decision-making by economic agents in the digital space in the management of human resource behaviour are defined. The paper considers a reflexive method of human resource management based on artificial intelligence, which has a positive impact on the result of decision-making of economic agents in the digital space in the management of human resource behaviour. The peculiarity of reflexive management and the effectiveness of its impact of artificial intelligence tools on the result of decision-making of economic agents in the digital space in the management of human resource behaviour are determined.

3.6. Оптимізація реплікації даних в розподілених корпоративних системах на основі моделі ESDS

д. е. н., доц. Полуктова Н. Р.

д. т. н., проф. Переверзєв А. В.

Запорізький інститут економіки та інформаційних технологій

В роботі представлено реалізацію одного з підходів для розв'язування задачі оптимального розподілу реплік корпоративної бази даних між окремими серверами в мережі. Представлений підхід базується на використанні моделі серіалізованих служб даних (ESDS), який дозволяє мінімізувати цільову функцію сукупних витрат на обмін даними в мережі за дотримання додаткових умов, які задаються конкретними вимогами корпоративного доступу до інформації або технічними умовами.

The paper presents the implementation of one of the approaches for solving the problem of optimal distribution of replicas of the corporate database between individual servers in the network. The presented approach is based on the use of the model of serialized data services (ESDS), which allows minimizing the objective function of the aggregate costs of data exchange in the network, subject to compliance with additional conditions set by specific requirements of corporate access to information or technical conditions.

3.7. Problems of global education market and challenges for education services in Germany

Veronika Grimberger, PhD student

University of Economics and Management in Bratislava (Slovakia)

Education became not only important part of public economy, but it represents essential segment in the commercial services. The problems of global education and its internalization are important issues for the analysis of competitiveness of national education system. In this work the purposes were: to consider the problems and perspectives for the global education market, to discuss the challenges for education system in Germany and to develop some proposals for commercial entities for expansion of their educational services in Germany. This study was focused on the process, which refers to all commercial activities between companies from different countries. It involves the exchange of goods, services, technologies, capital and know-how across national borders. International business is closely related to globalization of education systems, as it is undertaken to operate then as possible in the global market and benefit from the advantages of the worldwide commitment.

Освіта стала не тільки важливою частиною суспільної економіки, але й суттєвим сегментом комерційних послуг. Проблеми глобальної освіти та її інтерналізації є важливими для аналізу конкурентоспроможності національної системи освіти. Цілями цієї роботи були: розглянути проблеми та перспективи світового ринку освіти, обговорити виклики для системи освіти в Німеччині та надати певні пропозиції для комерційних структур щодо розширення їхніх освітніх послуг у Німеччині. Це дослідження було зосереджено на процесі, який стосується всієї комерційної діяльності в цьому сегменті між компаніями з різних країн. Він передбачає обмін товарами, послугами, технологіями, капіталом і ноу-хау через національні кордони. Міжнародний бізнес тісно пов'язаний з глобалізацією систем освіти, оскільки він намагається

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ І АНОТАЦІЇ

діяти, наскільки це можливо, на глобальному ринку та отримувати вигоду від переваг всесвітнього зобов'язання.

3.8. Моделі формування цін на окремі товари оптової торгівлі автозапчастинами

к.е.н., доц. Дубровіна Надія

Худакова Моніка, PhD

Грасер Штефан

Братиславський університет економіки та менеджменту (Словаччина)

Метою даної праці було на підставі реальних даних розробити відносно прості економіко-математичні моделі для використання їх в навчальний процес для студентів окремих спеціальностей, пов'язаних з вивченням економічної та збутової діяльності торгових підприємств, що здійснюють оптової торгівлі автозапчастинами, приладдям для автомобілів, деталями й іншими матеріалами для автомобілів. При побудові моделей ціноутворення на товари оптової торгівлі автозапчастинами, приладдям для автомобілів, деталями й іншими матеріалами для автомобілів для окремої бізнес-структури й проведення статистичного аналізу цін та маржі було обрано п'ять груп з асортименту товару, а саме: пристрої автосигналізації; засоби фарбування - автоемаль; багажники; паливні баки та акумуляторні батареї. Представлені моделі можуть бути удосконалені та використані для моделювання діяльності віртуальних підприємств в рамках навчального процесу для студентів окремих спеціальностей, пов'язаних з вивченням економічної та збутової діяльності торгових підприємств, які здійснюють оптової торгівлі автозапчастинами, приладдям для автомобілів, деталями й іншими матеріалами для автомобілів.

The purpose of this work was to develop, on the basis of real data, simple economic and mathematical models for their use in the educational process for students studying companies in the automotive industry and wholesale trade in auto parts, auto accessories, parts, and other materials for cars. For pricing models in wholesale trade of certain set of auto accessories, the statistical analysis of prices and margins was conducted and five groups of the goods were selected from the product range, namely: car alarm devices; coloring agents - car enamel; trunks; fuel tanks and batteries. The presented models can be improved and used to simulate the activities of virtual enterprises as part of the educational process for students of certain specialties related to the study of the economic and sales activities of trading enterprises that carry out wholesale trade in auto parts, accessories for cars, parts and other materials for cars.

ДЛЯ ПОДАТОК

Наукове видання

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ**

Друкується в авторській редакції

Editorial Board:

Nadiya DUBROVINA, Associate Professor, CSc., PhD.
School of Economics and Management in Public Administration

Stanislav FILIP, Associate Professor, PhD.
School of Economics and Management in Public Administration

Michal FABUŠ, PhD.
School of Economics and Management in Public Administration

Editorial Office:

School of Economics and Management in Public Administration in Bratislava
Furdekova 16
851 04 Bratislava 5
tel.: +421 905 864 457
sekretariat@vsemvs.sk
www.vsemvs.sk

Authors are responsible for content of the materials.

ACTUAL PROBLEMS OF SYSTEM ANALYSIS AND MODELLING OF MANAGEMENT PROCESSES

The monograph deals with instrumental means of system analysis, modeling, forecasting for solving complex problems in the management socio-economic systems, financial systems, risk management in conditions of increasing global instability, the appearance of additional threats, significant transformations, market turbulence. Special attention is paid to the assessment of the impact of "shocks" on various classes of investment assets, the study of the stock market volatility, the tools of the post-war recovery of the Ukrainian economy, the possibilities of enhancing the efficiency of management of various activities based on the application of Artificial Intelligence, Machine Learning, Data Science.