

УДК 339.9

*О. А. Гавриш,*  
*д. т. н., професор, декан факультету менеджменту та маркетингу,*  
*Національний технічний університет України*  
*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*  
*О. М. Згуровський,*  
*к. е. н., доцент кафедри міжнародної економіки,*  
*Національний технічний університет України*  
*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*  
*А. Д. Кухарук,*  
*к. е. н., доцент кафедри міжнародної економіки,*  
*Національний технічний університет України*  
*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*  
*Н. Є. Скоробогатова,*  
*к. е. н., доцент, доцент кафедри міжнародної економіки,*  
*Національний технічний університет України*  
*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

## **МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ КРАЇН СВІТУ**

*О. А. Gavrish,*  
*Doctor of Technical Sciences, Professor, dean of the Faculty of Management and Marketing, National*  
*Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*  
*О. М. Zgurovsky,*  
*Candidate of Economic Science, Associate Professor of the Department of International Economics,*  
*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*  
*А. D. Kukharuk,*  
*Candidate of Economic Science, Associate Professor of the Department of International Economics,*  
*National Technical University of Ukraine*  
*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*  
*N. Ye. Skorobogatova,*  
*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of International Economics,*  
*National Technical University of Ukraine*  
*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

### **METHODICAL SUPPORT FOR MODELING COUNTRIES' ECONOMIC DEVELOPMENT**

Статтю присвячено питанням вибору показників для моделювання економічної складової сталого розвитку країн світу. Дослідження проведено на основі співпраці із ННК "Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку". Узагальнено методичні засади сценарного моделювання розвитку країн. Обґрунтовано вибір ключових показників для сценарного моделювання за чотирма напрямками: фінанси, енергетика, макроекономічне середовище, структура валового внутрішнього продукту. Проаналізовано методи побудови сценаріїв та визначено доцільність використання методів, що засновані на ймовірнісних моделях Байєса. Зазначено перешкоди побудови адекватних моделей. Обґрунтовано переваги

використання нейромережових технологій задля досягнення мети дослідження, зокрема уникнення проблем неоднорідності сукупності вихідних показників, нестачі даних, складності прогнозування на довгостроковий період при низькому рівні інформативності та наявності нелінійних залежностей між показниками.

*The article is devoted to the questions of the choice of indicators for modeling the economic component of sustainable development of different countries. The study was conducted on the basis of cooperation with the SSC "World Data Center for Geoinformatics and Sustainable Development". The methodical principles of scenario modeling of development of countries are generalized. The choice of key indicators for scenario modeling is proposed in the following directions: finance, energy, macroeconomic environment, gross domestic product structure. The methods of constructing scenarios are analyzed and the feasibility of using methods based on probability models of Bayes is determined. The obstacles to constructing adequate models are noted. The article highlights the advantages of using neural network technologies to achieve the research purpose, in particular, avoiding the problems of heterogeneity of the set of initial indicators, lack of data, complexity of forecasting in the long-term period with a low level of informativeness and the presence of nonlinear dependencies between indicators, are substantiated.*

**Ключові слова:** сталій розвиток, моделювання економічного розвитку, сценарне моделювання, показники сталого розвитку, нейромережові технології.

**Keywords:** sustainable development, modeling of economic development, scenario modeling, indicators of sustainable development, neural network technologies.

**Постановка проблеми.** Одним із основних інструментів соціально-економічного розвитку країн світу є управлінська стратегія, побудована на принципах концепції сталого розвитку. Для можливості стратегічного спрямування заходів та інструментів державного управління необхідною умовою є розуміння бажаного напрямку розвитку в нестабільному середовищі. Важливим кроком у визначенні цього напрямку є діагностика економічного стану країни та побудова сценаріїв її функціонування на найближче майбутнє. Побудова сценаріїв економічного розвитку є прикладним завданням, що передбачає роботу зі значним масивом даних. Це має бути враховано при виборі інструментів сценарного моделювання, оскільки від їх виду та якості залежить адекватність отриманих прогнозів. Проблемою досліджень процесів сталого розвитку країн світу є складність обґрунтованого проектного сценарного моделювання в умовах необхідності обробки значного обсягу неоднорідних вхідних даних.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження сценарного підходу до визначення варіантів розвитку подій, зокрема векторів економічного розвитку країн світу, набуло висвітлення у багатьох працях зарубіжних та вітчизняних вчених. У роботі М. З. Згуровського [1] здійснено аналіз наявних методів сценарного моделювання та розглянуто системний підхід до розробки сценаріїв майбутніх подій у різних сферах людської діяльності. А. І. Сухоруков та Ю. М. Харазішвілі у науковій праці [2] запропонували новий підхід до формування методологічного базису системного моделювання, прогнозування та діагностики соціально-економічного розвитку регіонів України з урахуванням тіньової економіки.

Розробку довготермінових сценаріїв економічного зростання країн світу за окремими макроекономічними показниками було виконано аналітиками Організації з економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) [3], а також з 1981 року безперервно на комерційній основі виконується дослідниками організації «Oxford Economics» для близько 200 країн [6]. Дослідження з цієї тематики проводяться також спеціалістами ННК «Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку» [7], результати чого безперервно знаходять відображення у наукових працях [9; 10; 11].

Науковцями сформовано теоретико-методичне підґрунтя розробки сценарних моделей. Проте побудова моделей має виконуватись із залученням додаткових інструментів обробки даних. Це обумовлює доцільність даного дослідження та актуальність теми.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є узагальнення методичних засад сценарного моделювання економічного розвитку країн світу на принципах концепції сталого розвитку. Досягнення мети дослідження забезпечується вирішенням наступних завдань: визначити методи сценарного моделювання; обґрунтувати вибір ключових показників для сценарного моделювання; надати рекомендації щодо вибору інструментів сценарного моделювання.

**Виклад основного матеріалу.** Особливості різних методів сценарного моделювання розглянуто у наукових працях П. І. Бідюка та І. О. Загірської [4], Є. В. Моргунова [5], М. З. Згуровського [1] та ін. Так, вченими виділено методи візуального, проектного, маршрутного, альтернативного сценаріїв; метод Делфі; метод перехресного впливу; метод Сааті; метод моделей Байєса; метод «форсайт». Аналіз змісту наявних методів

показав, що найбільш прийнятним в межах даного дослідження є метод моделей Байеса, який надає можливість визначити ймовірність настання найбільш реалістичних сценаріїв для країн світу, а також мінімізувати використання суб'єктивних експертних оцінок.

З метою дотримання системного підходу до розробки сценарію розвитку економіки країн пропонується використовувати показники комплексної природи за такими напрямками функціонування країн: фінанси; енергетика; макроекономічне становище; структура ВВП.

Напрямок «Фінанси» включає наступні показники:

1) Розподіл процентної ставки (ставка кредитування мінус ставка депозиту, %) – Interest rate spread (lending rate minus deposit rate, %) – це відсоткова ставка, встановлена банками за кредитами для клієнтів приватного сектору, за мінусом процентної ставки, сплаченої комерційними або аналогічними банками за депозитами до запитання, строковими або ощадними депозитами. Чинники, що визначають розмір процентних ставок, різні для кожної країни, проте для обчислення даного показника було дотримано вимоги порівнянності.

2) Співвідношення капіталу банку до активів (%) – Bank capital to assets ratio (%) – співвідношення капіталу та резервів банку до суми загальних активів. Капітал та резерви включають кошти, внесені власниками, а також нерозподілений прибуток, загальні та спеціальні резерви, резерви та коригування вартості капіталу банку. У свою чергу капітал включає капітал першого рівня (звичайні акції), що є спільною рисою для банківських систем усіх країн, та загальний регулятивний капітал, який включає декілька визначених типів боргових інструментів, які не потребують повернення, якщо ці кошти є необхідні для підтримки мінімальних рівнів капіталу (вони включають капітал другого та другого рівня). Загальні активи включають всі нефінансові та фінансові активи.

3) Обмін акціями, загальна вартість (% ВВП) – Stocks traded, total value (% of GDP) – це загальна кількість оцінюваних акцій, як внутрішніх, так і іноземних, помножена на відповідні ціни.

4) Офіційний курс обміну (LCU за US \$, середній період) – Official exchange rate (LCU per US\$, period average) – обмінний курс, встановлений національними органами влади, або курс, встановлений на валютному ринку, який закріплений на законних підставах. Він розраховується як середнє річне значення на основі місячних середніх (одиниць місцевої валюти відносно долара США). Динаміка зміни даного показника свідчить про стабільність чи нестабільність фінансово-економічної ситуації в країні. У ринковій економіці вибір домашнього господарства, виробника та уряду щодо розподілу ресурсів залежить від рівня цін, реального обмінного курсу, реальної заробітної плати, процентних ставок тощо. Таким чином, динаміка обмінного курсу валют надає інформацію про взаємодію економічних суб'єктів в економіці та з іншим світу.

Напрямок «Енергетика» включає наступні показники:

1) Споживання енергії (кг нафтового еквіваленту на душу населення) – Energy use (kg of oil equivalent per capita) – даний показник означає використання первинної енергії перед перетворенням на інші види кінцевого споживання палива, що дорівнює виробництву місцевого виробництва плюс імпорт та зміни запасів, за вирахуванням експорту та палива, що постачаються на кораблі та літаки, що здійснюють міжнародні перевезення.

2) Альтернативна та атомна енергія (% від загального споживання енергії) – Alternative and nuclear energy (% of total energy use) – включає в себе гідроенергію та ядерну, геотермальну та сонячну енергію, серед інших.

3) Споживання відновлюваної енергії (% від загального кінцевого споживання енергії) – Renewable energy consumption (% of total final energy consumption) – це частка енергії відновлюваних джерел енергії у загальному обсязі кінцевого енергоспоживання.

Напрямок «Макроекономічне становище» включає наступні показники:

1) ВВП за цінами покупця – GDP (current US\$) – це сума валової доданої вартості всіх виробників-резидентів в економіці плюс податки на товари та мінус будь-які субсидії, які не включаються до вартості продукції, не включається амортизація. Дані щодо долара для ВВП конвертуються з національних валют, використовуючи офіційні курси за один рік.

2) ВВП на душу населення (поточний долар США) – GDP per capita (current US\$) – це сума валової доданої вартості всіх виробників-резидентів в економіці плюс податки на продукти та мінус будь-які субсидії, які не входять у вартість продукції, без врахування амортизації.

3) Експорт товарів та послуг (% ВВП) – Exports of goods and services (% of GDP) та Імпорт товарів та послуг (% ВВП) – Imports of goods and services (% of GDP) – динамічний аналіз даних показників дозволить врахувати ступінь залежності країни від світової економіки (інтегрованість національного виробництва до світової економіки)

4) Прямі іноземні інвестиції, чистий притік (МП, поточний долар США) – Foreign direct investment, net inflows (BoP, current US\$)

5) Інфляція, споживчі ціни (річна%) – Inflation, consumer prices (annual %) – аналіз показника в динаміці дозволить визначити ступінь стабільності макроекономічного становища в країні та здатність керівництва держави ефективно управляти країною, оскільки інфляція та курс національної валюти є економічними показниками, які дозволяють це оцінити.

Напрямок «Структура ВВП» включає наступні показники:

1) Промисловість, додана вартість (% від ВВП) – Industry, value added (% of GDP) – включає додану вартість у видобувній промисловості, будівництві, виробництві електроенергії, води та газу. Додана вартість – це чистий вихід сектора після додавання всього обсягу виробництва за мінусом проміжного виробництва. Показник обчислюється без внесення відрхувань на знецінення вироблених активів або виснаження та деградації природних ресурсів.

2) Сільське господарство, додана вартість (% ВВП) – Agriculture, value added (% of GDP) – методика розрахунку аналогічна до попереднього показника; сільське господарство включає лісове господарство, мисливство та рибальство, а також вирощування сільськогосподарських культур та продукції тваринництва.

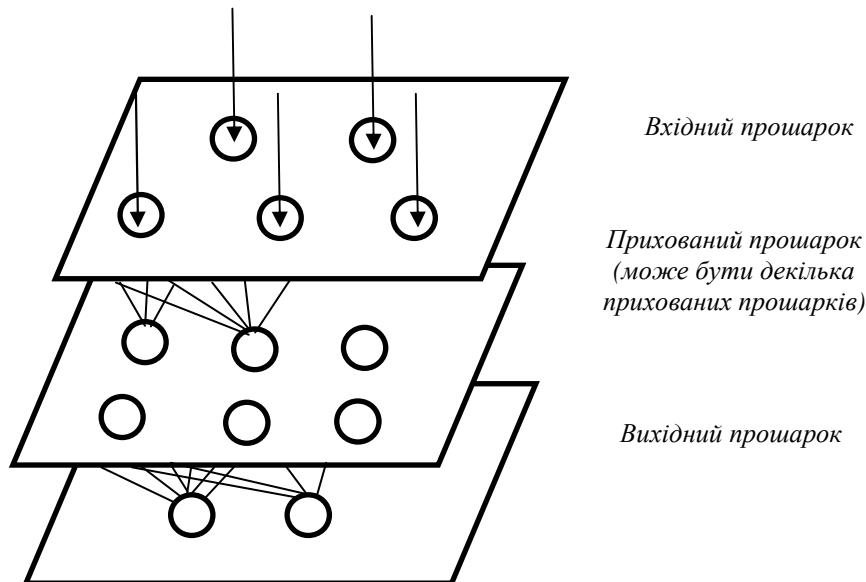
3) Послуги тощо, додана вартість (% від ВВП) – Services, etc., value added (% of GDP) – показник включає додану вартість в оптовій та роздрібній торгівлі (включаючи готелі та ресторани), транспорт та державні, фінансові, професійні та особисті послуги, такі як освіта, охорона здоров'я та послуги з нерухомості.

Слід зазначити, що прогнозування зазначених вище показників варто виконувати з урахуванням факторів, що впливають на зміну їх значень. Такі фактори мають кількісний вимір та виражаються показниками функціонування країн світу за різними складовими сталого розвитку (соціальною, економічною, екологічною).

Спираючись на закон великих чисел, доцільно зазначити, що з множини сценаріїв більш обґрунтованим є той, при побудові якого враховано більшу кількість факторів, що вплинули на розрахункові макроекономічні показники. Тому при виборі джерел інформації для побудови сценаріїв важливо враховувати повноту даних, їх достовірність, доступ до першоджерела та можливість перевірки представлених значень. Водночас виникають перешкоди в процесі побудови адекватних моделей, а саме:

1. Неоднорідність сукупності показників, на основі яких має здійснюється прогнозування.
2. Відсутність даних значень певного показника за окремий рік.
3. Необхідність побудови прогнозу більше ніж на 3 роки при низькому рівні інформативності середніх величин.
4. Нелінійні залежності між факторними та результативними показниками.
5. Значні масиви кількісних даних мають бути оброблені за обмежений проміжок часу.

Тому для вирішення таких проблем сценарне моделювання зміни значень показників пропонується виконувати за допомогою нейронної мережі, котра проходить попереднє навчання на тестових даних аналогічної природи. Загальну структуру нейронної мережі представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Діаграма простої нейронної мережі [8]

Вхідним прошарком з рис. 1 є значення індикаторів розвитку країни за чотирма напрямками (фінанси, енергетика, макроекономічне становище; структура ВВП). Прихованим прошарком є процедура обчислень (виявлення залежностей та побудова прогнозних моделей). Вихідний прошарок – це сценарій розвитку країни з використанням запропонованої моделі. Отримані результати підлягають додатковому науковому змістовному обґрунтуванню. На момент завершення збору показників-факторів у межах програмного забезпечення даного дослідження спеціалістами ННК «Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку» розпочато навчання нейронної мережі, котра має забезпечити належне прогнозування у 2018 році на період 2018-2025 рр.

**Висновки дослідження.** За результатами дослідження вирішено наукове завдання з узагальнення методичних засад сценарного моделювання економічного розвитку країн світу на принципах концепції сталого розвитку, зокрема: конкретизовано методи сценарного моделювання; запропоновано чотири напрями прогнозування економічного розвитку країн світу (фінанси, енергетика, макроекономічне становище, структура ВВП) та обґрунтовано перелік ключових показників за напрямками; надано рекомендації щодо вибору інструментів сценарного моделювання.

Побудова сценаріїв економічного розвитку із застосуванням нейромережевих технологій надасть можливість подолати поширені перешкоди здійснення сценарного моделювання: неоднорідність сукупності показників; відсутність статистичних даних за певний період; розробка прогнозу на середньострокову перспективу

при низькому рівні інформативності; нелінійні залежності між показниками; оперативна робота зі значними масивами даних.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка маршрутного сценарію з визначенням найбільш реалістичного варіанту сталого розвитку країн світу на основі нейромережових технологій та методу моделей Байєса.

#### Список використаної літератури.

1. Згуровський М. З. Сценарний аналіз як системна методологія передбачення / М. З. Згуровський // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2002. – № 1. – С. 7–38.
2. Сухоруков А. І. Моделювання та прогнозування соціально-економічного розвитку регіонів України: монографія / А. І. Сухоруков, Ю. М. Харазішвілі. – К. : НІСД, 2012. – 368 с.
3. OECD (2012), *OECD Economic Outlook*, Vol 2012/1, OECD Publishing, retrieved from: [http://dx.doi.org/10.1787/eco\\_outlook-v2012-1-en](http://dx.doi.org/10.1787/eco_outlook-v2012-1-en).
4. Бідюк П. І. Методика побудови сценарного аналізу із використанням байєсівських методів / П. І. Бідюк, І. О. Загірська // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2012. – № 08 (84). – С. 137 – 142.
5. Моргунов Е. В. Метод «Форсайт» и его роль в управлении технологическим развитием страны : Глава коллективной монографии «Проблемы развития рыночной экономики» /Под ред. член.-корр. РАН В.А. Цветкова. – М.: ЦЭМИ РАН, 2011. – С. 97–113.
6. Офіційний сайт дослідницької організації «Oxford Economics» [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.oxfordeconomics.com>.
7. Офіційний сайт неприбуткової організації «Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку» [Електронний ресурс]. – URL: <http://wdc.org.ua/uk>
8. Кононюк А. Ю. Нейронні мережі і генетичні алгоритми. – К. : «Корнійчук», 2008. – 446 с.
9. Sustainable development analysis: global and regional contexts / International Council for Science etc.; scientific adviser M. Zgurovsky. – К. : NTUU “KPI”, 2014. – Part 1. Global analysis of quality and security of life (2013). – 168 p.
10. Аналіз соціально-економічних процесів розвитку суспільства, заснованого на знаннях / наук. кер. проекту М. З. Згуровський. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 26 с.
11. Аналіз сталого розвитку — глобальний і регіональний контексти / Міжнар. рада з науки (ICSU) та ін.; наук. кер. проекту М. З. Згуровський. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. — Ч. 1. Глобальний аналіз якості та безпеки життя (2016). – 208 с.

#### References.

1. Zgurovsky, M. Z. (2002), “Scenarios analysis as system methodology of prevision”, *Systemni doslidzhennya ta informatsiyni tekhnolohiyi*, vol. 1, pp. 7-38.
2. Sukhorukov, A. I. and Kharazishvili, Yu. M. (2012), *Modeliuvannia ta prohnozuvannia sotsialno-ekonomichnoho rozvytku rehioniv Ukrainy* [Modeling and forecasting of socio-economic development of regions of Ukraine], NISS, Kyiv, Ukraine.
3. OECD (2012), *OECD Economic Outlook*, vol. 2012/1, OECD Publishing, available at: [http://dx.doi.org/10.1787/eco\\_outlook-v2012-1-en](http://dx.doi.org/10.1787/eco_outlook-v2012-1-en).
4. Bidiuk, P. I. and Zagorskaya, O. I. (2012), “Method of scenario analysis construction using Bayes analysis”, *Elektrotekhnichni ta komp'yuterni systemy*, vol. 8 (84), pp. 137-142.
5. Morgunov, E. V. (2011), “Foresight” method and its role in managing the technological development of the country”, *Problemy razvitiya rynochnoy ekonomiki* [Problems of market economy development], CEMI RAS, Moscow, Russia, pp. 97-113.
6. «Oxford Economics» - the official web-site, available at: <http://www.oxfordeconomics.com>.
7. World Data Center for Geoinformatics and Sustainable Development- official web-site, available at: <http://wdc.org.ua/>.
8. Kononyuk, A. Yu. (2008), *Neironni merezhi i henetychni alhorytmy* [Neural networks and genetic algorithms], Kornychuk, Kyiv, Ukraine.
9. Zgurovsky, M. Z. et al. (2014), *Sustainable development analysis: global and regional contexts*, part 1, NTUU “KPI”, Kyiv, Ukraine.
10. Zgurovsky, M. Z. et al. (2017), *Analiz sotsialno-ekonomichnykh protsesiv rozvytku suspilstva, zasnovanoho na znanniakh* [Analysis of socially-economical processes for based on knowledge society development], Igor Sikorsky KPI, Kyiv, Ukraine.
11. Zgurovsky, M. Z. et al. (2017), *Analiz staloho rozvytku - hlobalnyi i rehionalnyi konteksty* [Sustainable development analysis – global and regional contexts], Part 1, Igor Sikorsky KPI, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2018 р.