

*Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292.
Ефективна економіка. 2023. № 1.*

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.1.13>

УДК 332.1 711. 519.8 005.31

О. С. Бондар,

*к. е. н., доцент, доцент кафедри інформаційних систем і технологій,
Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2593-2301>

М. І. Трофимчук,

*к. е. н., доцент, доцент кафедри інформаційних систем і технологій,
Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3125-8392>

В. В. Новікова,

*к. е. н., доцент, доцент кафедри інформаційних систем і технологій,
Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7985-1489>

О. В. Ткаченко,

*к. пед. н., доцент, доцент кафедри інформаційних систем і технологій,
Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2770-832X>

МОДЕЛІ ЕКОНОМІЧНОЇ ДИНАМІКИ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ТА КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ

O. Bondar,

*PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of
Information Systems and Technologies,*

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva

M. Trofymchuk,

*PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of
Information Systems and Technologies,*

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva

V. Novikova,

*PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of
Information Systems and Technologies,*

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva

O. Tkachenko,

*PhD in Pedagogics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of
Information Systems and Technologies,*

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva

**MODELS OF THE ECONOMIC DYNAMICS OF REGIONAL
DEVELOPMENT IN THE CONDITIONS OF MILITARY ACTIONS AND
CRISIS SITUATIONS**

Стаття присвячена моделюванню впливу зовнішніх потрясінь, пов'язаних з військовими діями, на економіку регіону. Військові дії значною мірою посилюють низку вже існуючих несприятливих глобальних та регіональних економічних тенденцій, які включають зростання інфляції, бідність, відсутність продовольчої безпеки, деглобалізацію та погіршення екологічної ситуації. Війна змушує регіони збільшувати свою фінансово-

економічну і адміністративну спроможність, тобто стабільно розвиватися в умовах кризи. В сучасних емпіричних дослідженнях війна часто розглядається як залежна змінна, а економічний розвиток моделюється як результат її впливу. Все це актуалізувало потребу в розробці регіональних моделей економічної динаміки та забезпеченні практичної апробації ефективних механізмів функціонування економіки громад і регіонів України. Мета статті полягає у побудові концептуальної математичної динамічної моделі економіки регіону в умовах військових дій та кризових ситуацій через формування загальних принципів та методологічних підходів, а також їх застосування для прогнозування сценаріїв розвитку регіонів України. Моделювання регіонального розвитку є складною багатовимірною, багатофункціональною задачею. У поєднанні зі сценарними методами методи моделювання і прогнозування є одним з ключових інструментів механізму регулювання регіонального розвитку. Розроблена динамічна математична модель прогнозування розвитку регіону комплексно охоплює ключові фактори і умови функціонування даної регіональної соціально-економічної системи.

The article is devoted to modelling the impact of external shocks related to military actions on the economy of the region. Military action significantly exacerbates a few already existing negative global and regional economic trends, including rising inflation, poverty, food insecurity, deglobalization, and environmental degradation. The war forces the regions to build up their financial, economic, and administrative capacity, to develop stably in the crisis. In modern empirical studies, war is often treated as a dependent variable, and economic development is modelled as the result of its consequences. All this actualized the need to develop regional models of economic dynamics and ensure practical testing of effective mechanisms for the functioning of the economy of communities and regions

of Ukraine. The purpose of the article is to build a conceptual mathematical dynamic model of the region's economy in the conditions of military actions and crisis situations by forming general principles and methodical approaches, using it to forecast development scenarios in the regions of Ukraine. Models of economic dynamics are widely used in economic growth and cyclicity, in labour economics, financial theory, economics of nature use and resource economics, in agrarian economics.

The conditions of war are characterized by the joint action of the following three main factors: a change in the goals of economic development; change in the conditions of operation of economic objects; armed influence of the enemy on economic objects. Armed influence of the enemy is the main manifestation of war. Armed influence of the enemy leads to depletion of resources and disorganization of production. A change in the goals of economic development during wartime, a change in the conditions of the functioning of economic objects inevitably leads to a violation of the balance of economic processes and a shortage of certain types of resources. All this creates a huge burden on the activity of the economic management system during the wartime period. Economic-mathematical modelling makes it possible to approach the solution of the task of preparing the region for work in wartime.

A block of regional models, which are a modification of similar peacetime models, was developed during the research. Modelling regional development is a complex multidimensional, multifunctional task. Modelling and forecasting methods are one of the key tools of the regional development regulation mechanism in combination with scenario methods. The developed dynamic mathematical model for forecasting the development of the region comprehensively covers the key factors and conditions of functioning of the regional socio-economic system.

***Ключові слова:** математична модель, динамічна система, регіональний розвиток, економіка регіону, військові дії, вирішення конфлікту, стабілізація економічного розвитку.*

***Keywords:** mathematical model, dynamic system, regional development, economy of the region, military actions, conflict resolution, stabilization of economic development.*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Вторгнення Росії в Україну – це справжня катастрофа для глобального світу і особливо для миру в Європі. Війна значною мірою посилює низку вже існуючих несприятливих глобальних та регіональних економічних тенденцій, які включають зростання інфляції, бідність, відсутність продовольчої безпеки, деглобалізацію та погіршення екологічної ситуації.

Зруйновані війною регіони України перебувають в стані серйозної економічної кризи. Окрім знищення фізичного капіталу, мільйони жителів емігрували з одних регіонів в інші та за кордон, тисячі були вбиті чи покалічені. Це доповнюється загальним зростанням економічної кризи в усьому світі внаслідок пандемії COVID-19.

Війна Росії проти України супроводжується різким зростанням інфляції під тиском цін на продовольство, енергоносії та основні товари. Місцеві громади та регіони в Україні відчули на собі руйнівні впливи війни, а саме:

- відбулося тотальне знищення власної інфраструктури та втрата значної частини матеріального і людського капіталу;
- виникла необхідність швидко адаптувати економіку до умов воєнного стану;
- відбулася зміна пріоритетів соціально-економічного розвитку;

- велика кількість внутрішньо переміщених на їх територію осіб, що вимагає термінового створення належних умов для їх розміщення;
- велика кількість релокованих підприємств, що вимагає створення належних умов для їх функціонування.

Все це актуалізувало потребу в розробці регіональних моделей економічної динаміки та забезпеченні практичної апробації ефективних механізмів функціонування економіки громад і регіонів України.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Математичні моделі динамічного розвитку використовуються в різноманітних сферах економіки. Основною метою їх застосування є оптимізація управління, тобто визначення сукупності керуючих впливів, що забезпечують найкращий результат роботи, який оцінюється за визначеним критерієм. Численні дослідження математичних моделей привели до постановки характерних завдань і розробки методів їх вирішення.

Велика кількість наукових досліджень зарубіжних і вітчизняних вчених присвячена питанням моделювання та прогнозування розвитку і функціонування регіональних соціально-економічних систем [5, 6, 7]. Вони відображають теоретико-методологічні основи, підходи і методи прогнозування розвитку територій в рамках реалізації. Розрізняють два підходи до регіонального прогнозування: прагматичний підхід, заснований на моделях національного рівня, і регіональний підхід. Останнє передбачає розробку просторових і економетричних моделей прогнозування безпосередньо для регіону [8, с. 178]. Прикладом економетричної моделі прогнозування регіонального розвитку є модель, яка була розроблена Л. Клайн [5, с. 48]. В моделі, розробленій Беллом, систематично пов'язують такі важливі аспекти функціонування регіональної економіки, як інвестиційні інвестиції, інноваційні перетворення, а також взаємозв'язок міграції, заробітна плата і

безробіття. Значний внесок в теорію розвитку економетричних регіональних моделей зробив Глікман Н. [6, с 279], який розробив моделі з більш детальним описом особливостей і умов функціонування регіональної економіки, взаємним зв'язком найважливіших показників та з урахуванням прямих і зворотних зв'язків в регіональній системі.

Перші роботи зі складання та вивчення моделей економічної динаміки були проведені на початку минулого століття Л. Вальрасом [1, с.60], В. Парето та іншими. Вільфредо Парето досліджував проблему досягнення соціальної ефективності розподілу ресурсів. Згідно з його концепцією, суспільство знаходиться в стані загальної економічної рівноваги і соціальної ефективності, якщо передбачає оптимальний розподіл у сфері виробництва при мінімальному використанні ресурсів і ефективному розподілу в сфері споживання, яке забезпечує максимальне задоволення потреб. Ринкова економіка в умовах досконалої конкуренції автоматично досягає оптимуму Парето.

Пізніше Леонт'єв і Нейман описували і досліджували найпростіші багатовимірні моделі. Праці таких математиків, як Д. Гейл, Л.В. Маккензі, Л.В. Канторовича та ін. присвячені дослідженню операцій, як з точки зору практичного використання, так і при вивченні детальних властивостей багатовимірних моделей, розроблених для аналізу, прогнозування та регулювання економіки.

Ці та інші розробки є теоретико-методологічною основою моделювання та прогнозування регіонального розвитку щодо конкретних територій. Прогноз виконує сигнальну функцію, попереджає про можливу появу несприятливих тенденцій або виникнення нових проблем, які вимагають їх вирішення. При цьому, крім кількісних характеристик, прогноз повинен мати чітко визначену аналітичну спрямованість, вказувати основні напрями регіонального розвитку, оцінювати його можливі варіанти і допомагати вибирати кращі з них.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Мета статті полягає у побудові концептуальної математичної динамічної моделі економіки регіону в умовах військових дій та кризових ситуацій через формування загальних принципів та методологічних підходів, а також їх застосування для прогнозування сценаріїв розвитку регіонів в Україні.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Моделі економічної динаміки є основним інструментом сучасного вченого-економіста. Вони широко використовуються в економічному зростанні і циклічності, в економіці праці, фінансовій теорії, економіці природокористування та економіці ресурсів, в аграрній економіці.

Однією з найважливіших методологічних проблем побудови економічних моделей є питання про те, яким рівняннями описувати такі моделі - диференціальними або статистичними. Вивчаються моделі з дискретним або безперервним часом. У моделях з дискретним часом динамічні системи представляються у вигляді скінченних різницевих рівнянь, а в моделях з неперервними процесами – у вигляді диференціальних рівнянь. Істотної різниці між математичними методами розв'язування диференціальних і скінченних різницевих рівнянь немає, так як кількісне рішення диференціальних рівнянь передбачає, що вони приблизно замінені скінченними різницевими рівняннями.

Методологія моделювання сталого розвитку регіональної економічної системи базується на двох підходах до прогнозування: аналітичному та адресному [3, с. 451]. При прогнозуванні сталого розвитку економічних систем регіону використовуються економетричні моделі і метод найменших квадратів. Ці методи допоможуть виявити фактори, що впливають на сталий розвиток економічної системи і оцінити їх вплив. Крім того, при аналізі сталого розвитку економічних систем регіону за допомогою методу статистичного групування

розраховується ступінь взаємозв'язку впливу факторів. Ці методи визначають перспективи сталого розвитку економічних систем.

Моделювання - це метод вивчення об'єктів пізнання на їх моделях; побудова і вивчення моделей реальних об'єктів і явищ і побудованих об'єктів для визначення або поліпшення їх характеристик, раціоналізації способів їх побудови, управління [5, с. 7]. Існує більше 15 видів різного моделювання: інформаційне, комп'ютерне, математичне, математико-картографічне, молекулярне, цифрове, логічне, педагогічне, психологічне, статистичне, структурне, фізичне, економіко-математичне, імітаційне, динамічне, еволюційне, графічне і геометричне. В рамках нашого дослідження, при побудові моделі регіонального розвитку, нас цікавить динамічне моделювання. Динамічне моделювання (системна динаміка) - це «інформаційна імітація структури і функції, складних процесів і явищ у часі» [9, с. 88]. Важливою особливістю динамічного моделювання є можливість реалізації безперервних процесів в моделі. Імітаційне моделювання (ситуаційне моделювання) - це «відтворення реальної ситуації на моделі, її вивчення і пошук найбільш оптимального розв'язку. Актуальне імітаційне моделювання полягає в побудові математичної моделі реальної системи і постановці експериментів на ній з метою оцінки різних стратегій, що забезпечують досягнення мети даної системи" [1, с. 27].

Для моделювання та аналізу доцільно мати досить повне уявлення про ситуацію у регіоні. У режимі прогнозування необхідно побудувати відповідну модель економіки регіону в умовах воєнного стану, спочатку словесну (вербальну), а потім все більш формалізовану і кількісно виражену.

Першим кроком такої побудови є формування загальних сценарних умов виникнення і розвитку військової ситуації, потім її конкретизація у вигляді моделі функціонування об'єкта або системи в умовах війни.

Імовірнісні характеристики ризику визначаються на основі військової, виробничої, соціальної або іншої моделі виникнення з подальшим розширенням.

Зазвичай розглядається ланцюжок (дерево) виникнення і розвитку подій. Виходячи з цього можна отримати імовірнісний підсумковий показник, що характеризує ризик екстремальної ситуації. Іноді цього буває достатньо, якщо подальший збиток чітко визначений (наприклад, загибель людини, падіння літака та інше). Тоді в загальному випадку виникає проблема визначення фізичних наслідків (пошкоджень) в припущенні, що екстремальна ситуація виникне або вже має місце. У більшості випадків це дійсно фізична шкода, вона безпосередньо виражається в руйнуванні і матеріальних втратах, а також, як правило, в людських жертвах.[4, с.109]

На цьому етапі створюється основа для наступного кроку – визначення економічного збитку. По-перше, визначається матеріальний збиток на основі фізичної моделі у натуральних одиницях виміру (наприклад, метрах), який може бути перерахований у вартісні показники. В результаті цієї операції, важливою складова повноцінної економіки є прямий економічний збиток. Таким чином, можна зробити висновок, що в результаті військової ситуації було завдано шкоди національному багатству (з нього було здійснено пряме відрахування). Крім того, як і при будь-якому іншому руйнуванні ресурсів, знижується потенціал економіки (особливо якщо при цьому має місце утилізація виробничих потужностей).

По-друге, необхідно враховувати, що економіка - це не просто сукупність ресурсів, а функціонуюча система, в основі якої лежить виробнича діяльність, створення певної продукції, надання послуг, виконання соціальних та інших функцій тощо. Тому, як правило, існує ще одна складова сукупного збитку - непрямий економічний збиток, основною частиною якого є економічний збиток

, пов'язаний з припиненням виробництва та втратою соціально функції діяльності об'єктів, де відбулося руйнування.

Правильне визначення такого виду пошкоджень пов'язане із методичними і практичними труднощами. Основна складність полягає в тому, що це гіпотетична складова економічного збитку, навіть у випадку екстремальної ситуації, яка вже фактично сталася. Зазвичай питання термінів призупинення виробництва (може бути і назавжди) також неясне. Особливо складні методологічні проблеми виникають при визначенні складової збитку, який пов'язаний із руйнуванням невиробничих і соціальних об'єктів.

Визначення складової непрямого економічного збитку, пов'язаного із зупинкою виробництва або іншої функціональної діяльності, навіть важливіше, ніж визначення прямого економічного збитку. Зупинка через військову ситуацію виробничої та іншої функціональної діяльності впливає на кінцеві результати функціонування економічної системи, в тому числі на ВВП.

Крім економічного збитку, пов'язаного з припиненням виробництва, в непрямий економічний збиток слід включити і багато інших складових, таких як так званий збиток «третім особам», екологічний збиток, різні види витрат на попередження і усунення екстремальної ситуації, а також завідомо неекономічні наслідки, оцінені у вартісному вираженні (політичні, моральні та інші), різномані довгострокові наслідки.

Будь-які військові ситуації, як правило, супроводжуються людськими жертвами - загибеллю людей або завданню шкоди їхньому здоров'ю. У зв'язку з цим виникає проблема, по-перше, економічної оцінки цього виду збитків, по-друге, включення її в оцінку повної економічної шкоди від військових дій та кризисної ситуації.

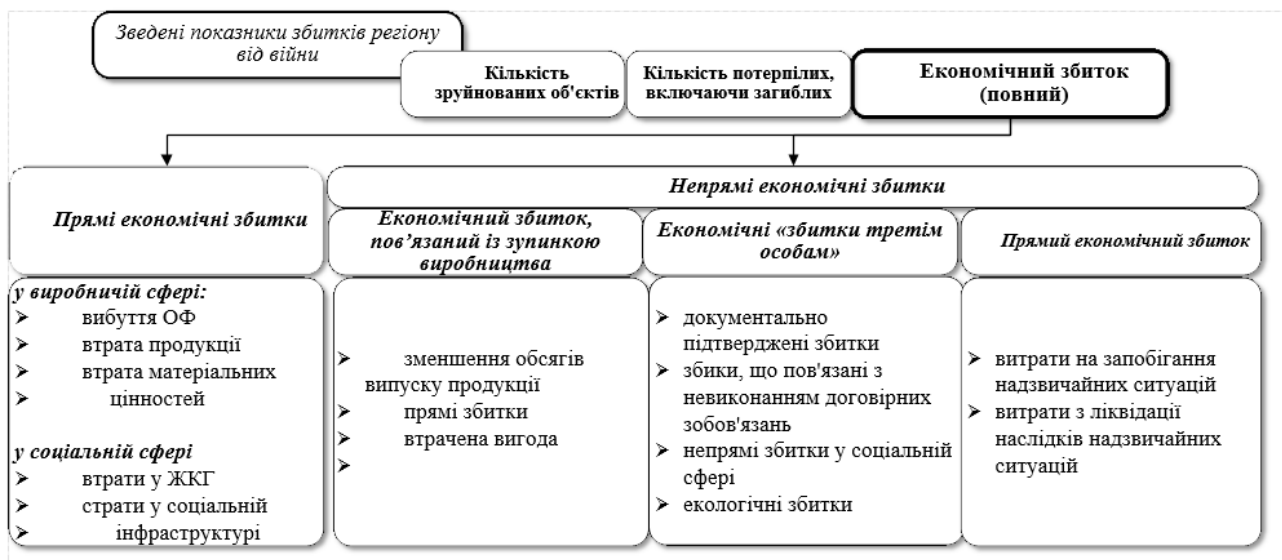


Рис. 1. Економічний збиток від військової ситуації на території регіону

Нижче наведено короткий опис реалізованих підходів і отриманих результатів. В моделі головним є врахування масштабів заподіяної шкоди, її структури і специфіки.

Умови військової ситуації характеризуються такими показниками:

- 1.зовнішній вплив, зазвичай досить несподіваний;
- 2.значне порушення збалансованості економічних процесів, поява «вузьких місць» і диспропорцій, виникнення дефіциту окремих видів ресурсів (в той же час при надлишку інших);
- 3.зміна цілей і пріоритетів при здійсненні господарської діяльності;
- 4.підвищення ролі управління економічними процесами.

Умови війни характеризуються спільною дією наступних трьох основних факторів:

1. зміна цілей економічного розвитку;
2. зміна умов функціонування господарських об'єктів;
3. збройний вплив противника на економічні об'єкти.

Зміна цілей економічного розвитку.

Мета мирного часу - поліпшити добробут населення трансформується в мету - забезпечити життєдіяльність населення на певному мінімально допустимому рівні. Мета забезпечення обороноздатності країни значно зростає за своїм значенням і може стати домінуючою. Мета інвестиційного розвитку трансформується в мету відновлення зруйнованих об'єктів і подолання дисбалансів, які виникають в економічній системі. Мета забезпечення загального економічного розвитку деформується в мету збереження системоутворюючої і базової галузей економіки (електроенергетика, паливно-енергетичний комплекс, основний транспорт, зв'язок, будівельні матеріали тощо).

Відбуваються зміни умов функціонування господарських об'єктів. У воєнний час ці зміни різноманітні, і проявляються переважно на мікроекономічному рівні у вигляді зміни структури виробництва і споживання продукції, зниження ефективності використання ресурсів, зміни в системі кооперації. Очевидно, що відбуваються істотні зміни в економічних відносинах із зовнішнім світом.

В умовах війни неминуче повинні відбутися значні перетворення в системі управління економікою регіону, які спрямовані на встановлення централізованого управління директивного характеру.

Збройний вплив противника є основним проявом війни. Збройний вплив ворога є основним фактором, що викликає позаекономічну утилізацію виробничих ресурсів та виробничих потужностей, загибель населення, скорочення трудових ресурсів, дезорганізацію процесів управління. Фактичний тип, масштаби і динаміка збройного впливу противника визначають характер війни, до якої економічна система країни повинна готуватися. Збройний вплив противника призводить до виснаження ресурсів і дезорганізації виробництва, а також зміни цілей економічного розвитку в період воєнного часу, зміни умов

функціонування господарських об'єктів неминуче призводять до порушення збалансованості економічних процесів, виникнення «вузьких місць» і диспропорцій, гострої нестачі окремих видів ресурсів. Все це створює величезне навантаження на діяльність системи управління економікою у воєнний період.

Економіко-математичне моделювання дозволяє наблизитися до вирішення завдання підготовки регіону до роботи у воєнний час.

У процесі виконання досліджень був розроблений блок регіональних моделей, які є модифікацією аналогічних моделей мирного часу.

В якості основної інформації використовувалася наступна, дуже об'ємна і репрезентативна інформація мирного часу: нормативи використання економічних ресурсів (прямі коефіцієнти витрат), структурні коефіцієнти, об'єктивні обмеження випуску продукції (в першу чергу - виробничих потужностей) [10, с. 62-67].

Умови війни відображаються з урахуванням факторів воєнного часу:

1) Цільові функції моделей відображають вимоги забезпечення нормованого постачання населення, максимізації військового споживання та забезпечення відновлення виробничих потужностей (у межах наявних для цього ресурсів).

2) Розгляд особливих умов функціонування економіки є відносно обмеженим (встановлюються нормативи споживання продуктів населенням, вводяться роботи з відбудови та відновлення, специфічні для умов війни, пов'язані з ліквідацією середньої деструкції, встановлюються більш стресові режими використання виробничих потужностей і робочої сили).

3) Збройний вплив противника враховується в обмеженнях випуску продукції (на виробничих потужностях) - через коефіцієнти їх «утилізації» за рахунок збройного впливу противника, а також через «виснаження» населення і робочої сили.

Враховуючи складність реальної економічної системи, було вирішено побудувати і використовувати систему динамічних математичних моделей, організованих за ієрархічним принципом. Дана ієрархія включає в себе моделі, що описують функціонування економіки регіону в цілому.

В умовах воєнного часу існує проблема більш детального обліку продукції, важливої для ведення війни, в першу чергу озброєння і військової техніки, і в той же час менш детального розгляду. Зауважимо, що значне місце в номенклатурі економіко-математичних моделей займають продукти, важливі як для мирного, так і для воєнного часу (виробництво і споживання електроенергії, паливних ресурсів, продукції чорної і кольорової металургії, будівельної промисловості та інше).

В основі економіко-математичних моделей лежать балансові коефіцієнти, як правило, лінійного типу, що описують взаємозв'язок між виробництвом продукту певного типу для подальшого виробництва продукції, що входить в номенклатуру. Інші види продукції також входять в модельну номенклатуру, але призначені для кінцевого споживання. Запаси в умовах воєнного часу можна розглядати як джерело виробництва готової продукції, сировини, матеріалів, а також потрібно враховувати можливості їх поставки з-за кордону. Зазвичай в економіко-математичних моделях зв'язки між виробництвом і споживанням продукції встановлюються на нормативній основі - за допомогою так званих «технологічних коефіцієнтів». Що стосується умов воєнного часу, то існує проблема коригування цих коефіцієнтів у зв'язку з неминучими змінами технології та організації виробництва безпосередньо на рівні підприємств.

Важливу роль в економіко-математичних моделях воєнного часу відіграють обмеження на випуск продукції, які можна трактувати як обмеження на «виробничі потужності», а сукупність цих «виробничих потужностей» визначає виробничі можливості регіону. В умовах воєнного часу збройний

вплив ворога здійснюється в першу чергу на «виробничі потужності», що неминуче призводить до скорочення випуску продукції, і, як наслідок, до скорочення виробництва і кінцевого споживання.

Гіпотетична галузева і територіальна структура збройного впливу визначається на основі аналізу і прогнозування намірів ворога і в моделі може виражатися через «фактори утилізації виробництва». Величина цього захоронення залежить не тільки від структури і інтенсивності впливу ворога, але і від ступеня захисту господарських об'єктів, а також від можливості відновлення виробничого потенціалу. Важливою особливістю воєнного часу є поява на цій основі в економіці країни так званих «вузьких місць» і диспропорцій. Наявність вузьких місць створює дефіцит відповідної продукції, який можна подолати наступними заходами:

- прискореною реабілітацією і введенням в експлуатацію зруйнованих виробничих потужностей (якщо це можливо), а в деяких випадках їх нарощуванням в умовах воєнного часу;
- перепрофілюванням виробництва, переведенням цивільного виробництва на випуск військової продукції;
- використанням накопичених заздалегідь резервів (що можливо і ефективно тільки в короткостроковій перспективі);
- використання заміників і сурогатів.

Поряд з дефіцитом окремих видів ресурсів в умовах воєнного часу може виникнути надмірність інших видів ресурсів, обумовлена загальною незбалансованістю економічної системи, що означає недостатню ефективність функціонування системи в цілому.

Трудові ресурси, як складова частина населення країни, є об'єктом збройного впливу противника і також можуть викликати дисбаланс у виробництві і виникненні в ньому «вузьких місць». При цьому диспропорції

можуть виникнути, перш за все, через дефіцит окремих категорій кваліфікованих фахівців. Економіко-математичні моделі воєнного часу зазвичай містять рівняння балансу трудових ресурсів і відповідних обмежень. В умовах війни цілеспрямоване функціонування і організація всієї господарської діяльності в країні повинні бути забезпечені в максимально можливий спосіб.

Функціонування економічної системи має бути підпорядковане досягненню таких цілей:

- забезпечення військового споживання (задоволення потреб збройних сил і всіх інших сфер діяльності, які пов'язані з економічним забезпеченням ведення війни;
- життєзабезпечення населення;
- забезпечення функціонування економіки в цілому (в тому числі функціонування базових галузей промисловості та відновлювальних процесів).

В економіко-математичному моделюванні вимоги до досягнення цих цілей знаходять своє формалізоване відображення в основних складових кінцевого продукту (в матеріальній частині ВВП). У складі кінцевого продукту виділяють наступні: фонд військового споживання, фонд споживання населення та накопичувальний фонд. Кожен з цих фондів формується з кінцевої продукції, створеної економічною системою, виробленої на основі досягнення перерахованих вище цілей.

Фонд військового споживання формується переважно за рахунок озброєння та військової техніки, що постачаються збройним силам, а також паливно-мастильних матеріалів, обмундирування, продуктів харчування, медикаментів та інших видів продукції, безпосередньо необхідної для ведення війни.

Фонд життєдіяльності населення формується за рахунок продуктів харчування, предметів першої необхідності, забезпечення населення житлом, електроенергією, паливом, послугами охорони здоров'я, транспортом, зв'язком та ін. Накопичувальний фонд формується за рахунок продуктів і послуг, що підтримують інвестиційну діяльність в умовах війни. В основному це обладнання та будівельно-монтажні заходи. Вирішуються такі завдання, як підтримка функціонування економічної системи в цілому, забезпечення збалансованості основних виробничих циклів, усунення вузьких місць і дисбалансів за допомогою відновлення і розвитку виробничих потужностей.

В економіко-математичному моделюванні функціонування економіки країни у воєнний час видається доцільним вимагати максимізації кінцевого продукту при встановленні додаткових умов і обмежень на ті продукти, що входять до нього. Таким безумовно є максимізація військового споживчого запасу.

Розмір фонду споживання населення в умовах воєнного часу підлягає нормуванню на основі директивно закріплених норм споживання на душу населення. Величина накопичувального фонду також може встановлюватися на підставі нормативного підходу як частка від вартості кінцевого продукту.

Крім описаних вище рівнянь і вимог на фундаментальному рівні, економіко-математичні моделі функціонування економічної системи в умовах воєнного часу можуть містити інші зв'язки і обмеження, які відображають особливості системи і включають, наприклад, умови споживання запасів, можливість заміни продукції та інші.

Тому економіко-математичні моделі функціонування економіки країни у воєнний час - це оптимізаційні моделі з розвиненими внутрішніми відносинами балансового типу і деякими обмеженнями, які пов'язані з факторами

неекономічного характеру - збройним впливом ворога на виробничі потужності та інші ресурси економіки.

Опис економічних відносин і процесів характеризується використанням лінійних залежностей. З розвитком апарату економіко-математичного моделювання спостерігаються такі тенденції:

1. надання моделям динамічних властивостей, що дозволяє відслідковувати економічні процеси в часі;
2. деталізація моделей, пов'язана з розширенням використовуваної номенклатури і включенням до її складу безпосередніх виробників продукції - підприємств;
3. введення регіонального розділу.

Будь-яка математична модель є спрощеним формалізованим поданням реального об'єкта (явища, процесу), а мистецтво її побудови полягає в об'єднанні максимально стислої параметризації моделі і достатньої адекватності змодельованій реальності. Кількість зав'язків, які включені в економічну модель, залежить від умов, за яких ця модель конструюється.

При розробці прогнозів необхідно використовувати моделі, що відповідають певному набору вимог [8, с. 84]:

- Модель повинна бути збалансованою, тобто розв'язки моделі повинно одночасно задовольняти рівнянням виробництва, доходу і споживання.
- Змінні екзогенної моделі повинні бути параметрами економічної політики. Модель повинна мати якомога менше інших екзогенних змінних, всі інші (ендогенні) змінні повинні бути розраховані в залежності від параметрів екзогенних змінних.
- Модель повинна бути закритою, тобто всі ендогенні змінні повинні в кінцевому підсумку залежати одна від одної і від екзогенних змінних.

- Модель повинна адекватно описувати ретроспективу і особливості поточної економічної ситуації.

Модель повинна враховувати ресурсні обмеження:

1. Система рівнянь моделі повинна бути рекурсивною, тобто поточний стан залежить від минулого, а майбутнє - від сьогодення.
2. Підтримка балансу між адекватністю моделі та її доцільністю, що передбачає необхідність реалізації моделі в умовах обмеженості ресурсів.

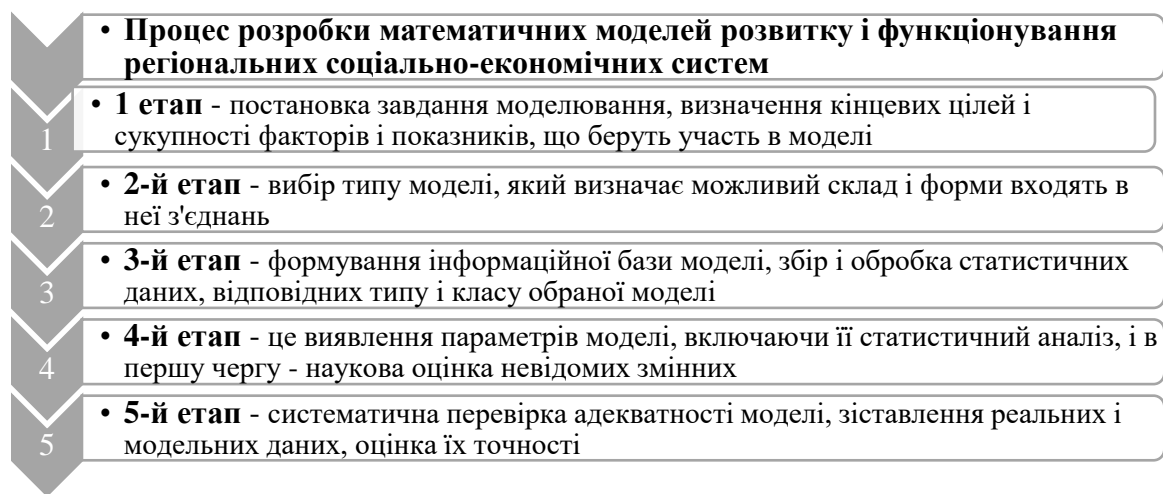


Рис. 2. Процес розробки математичних моделей розвитку і функціонування регіональних соціально-економічних систем

Безпосередньо задіяний процес розробки математичних моделей прогнозування розвитку і функціонування регіональних соціально-економічних систем з подальшим їх використанням в якості інструменту формування цільових установок і напрямків розвитку регіону включає в себе кілька етапів [8, с. 86].

Регіональне моделювання передбачає наявність досить достовірної статистичної інформації. Регіональна статистика не тільки фіксує параметри економічних і соціальних процесів, а й досліджує їх просторову диференціацію.

Ключовим фактором розвитку будь-якого регіону є інвестиційна активність на його території. Інвестиційна політика та інвестиційний клімат визначають темпи і пропорції соціально-економічного розвитку регіону, можливість підвищення рівня життя місцевого населення. Розглянемо вплив капітальних інвестицій на валовий регіональний продукт в Київській області в 2004-2020 рр. Ми бачимо, що існує пряма залежність збільшення ВРП від обсягу капітальних інвестицій (рис. 3).

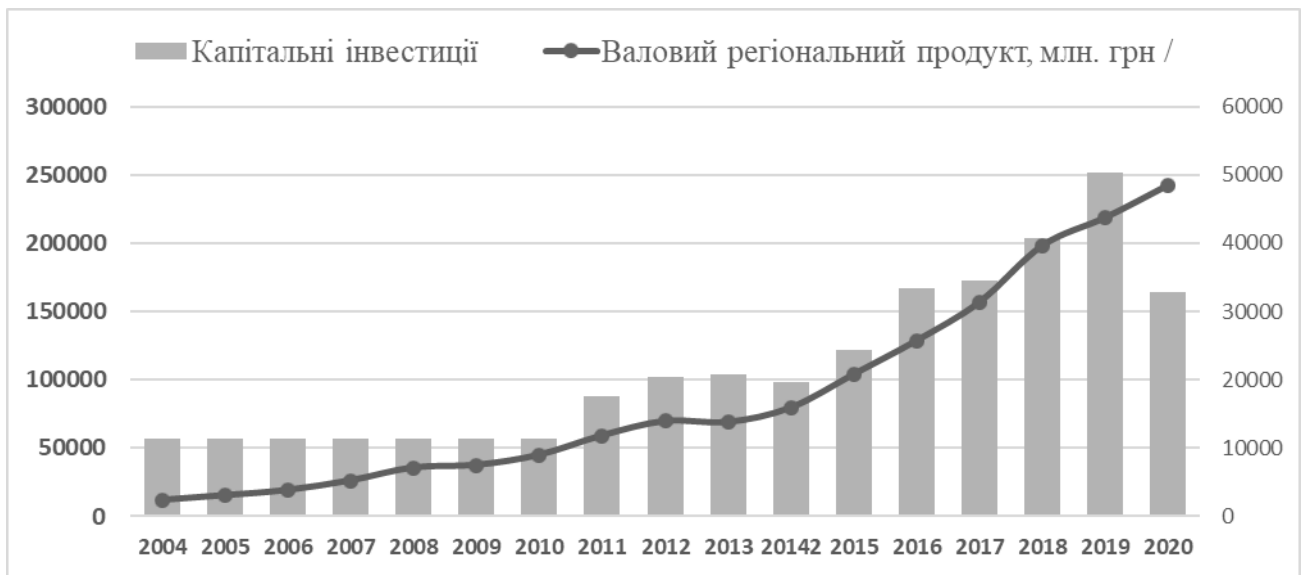


Рис 3. Вплив капітальних інвестицій на валовий регіональний продукт в Київській області в 2004-2020 рр.

Ще однією важливою складовою інвестиційного клімату є інвестиційний ризик. Прийняття інвестиційних рішень потенційним інвестором нерозривно пов'язане з оцінкою ризику, який несе в собі об'єкт інвестування, і готовністю інвестора взяти його на себе. Інвестиційний ризик оцінює ймовірність втрати інвестиції і віддачу від неї. Ризик - це імовірнісна і якісна характеристика. Він показує, чому ви повинні (або не повинні) інвестувати в це підприємство, галузь, регіон або країну. Ризик відображає умови і правила здійснення інвестицій на цій території. Рівень інвестиційного ризику також залежить від

політичних, соціальних, економічних, екологічних, кримінальних ситуацій, а і сучасних умовах України – від військових дій на території регіону.

Ключовим завданням моделювання регіонального розвитку є визначення кількісних параметрів і показників їх поведінки в майбутньому. Основним методом розробки цих прогнозів є підготовка сценаріїв перспективного розвитку конкретного регіону. Ці сценарії описують імовірнісні ситуації майбутнього розвитку регіонального економічного сектора, його взаємозв'язок з іншими системами, визначають очікувані показники розвитку регіональної економіки при різних комбінаціях факторів і умов регіонального розвитку.

Побудова математичної динамічної моделі розвитку регіону на середньострокову і довгострокову перспективу має здійснюватися з позицій бухгалтерського обліку. За цією моделлю можна проводити багатофакторні прогнозні оцінки реалізації різних сценаріїв розвитку регіону, використовуючи інвестиційну діяльність в якості контролюючого впливу.

Введемо наступні позначення:

I_t - обсяг інвестицій в основні засоби в рік t ;

IP_t - обсяг інвестицій в промисловість в рік t ;

IS_t - обсяг інвестицій в сільське господарство в рік t ;

$ОПВ_t$ - обсяг промислового виробництва в рік t ;

$ОСВ_t$ - обсяг сільськогосподарського виробництва в рік t ;

$ОБР_t$ - обсяг будівельних робіт в рік t ;

VRP_t - валовий регіональний продукт в році t ;

$ДН_t$ - дохід населення в рік t ;

OPT_t - роздрібний оборот в рік t ;

BP_t - кількість безробітних в рік t ;

$ЗН_t$ - кількість зайнятих осіб в рік t ;

N_t - загальна чисельність населення в році t ;

IN_t - інвестиції в основні засоби на душу населення в рік t ;

$VRPN_t$ - валовий регіональний продукт на душу населення в рік t ;

DHN_t - дохід на душу населення в році t ;

$OPTN_t$ - оборот роздрібної торгівлі на душу населення в рік t ;

$VRPZN_t$ - валовий регіональний продукт на 1 зайняту особу (продуктивність праці) в році t ;

K_t - відношення доходів населення до ВРП в рік t .

Відповідно, динамічна економетрична модель включає в себе наступні функціональні залежності:

- 1) обсяг промислового виробництва описується функцією, в якій аргументами є його досягнутий рівень в попередньому році і інвестиції поточного року;

$$\text{ОПВ}_t = f(\text{ОПВ}_{t-1}, IP_t) \quad (1)$$

- 2) сільськогосподарське виробництво аналогічно є функцією відповідних аргументів

$$\text{ОСВ}_t = f(\text{ОСВ}_{t-1}, IS_t) \quad (2)$$

- 3) обсяг будівельних робіт визначається в залежності від рівня, досягнутого в попередньому році, обсягу інвестицій в основні засоби поточного року;

$$\text{ОБР}_t = f(\text{ОБР}_{t-1}, I_t) \quad (3)$$

- 4) валовий регіональний продукт визначається в залежності від рівня, досягнутого в попередньому році, а також від обсягів промислового, сільськогосподарського виробництва і будівельних робіт в поточному році;

$$\text{VRP}_t = f(\text{VRP}_{t-1}, \text{ОПВ}_t, \text{ОСВ}_t, \text{ОБР}_t) \quad (4)$$

- 5) аргументами функції доходу населення є досягнутий рівень доходів у попередньому році, поточний обсяг валової регіональної продукції та кількість зайнятого населення;

$$ДН_t = f(ДН_{t-1}, VRP_t, ЗН_t) \quad (5)$$

- 6) оборот роздрібної торгівлі розраховується за формулою, в якій аргументами є його досягнутий рівень в попередньому році і доходи населення поточного року;

$$ОРТ_t = f(ОРТ_{t-1}, ДН_t) \quad (6)$$

- 7) Кількість безробітних розраховується за рівнянням, де аргументами є кількість безробітних в попередньому році, доходи і чисельність населення поточного року;

$$БР_t = f(БР_{t-1}, ДН_t, N_t) \quad (7)$$

- 8) Кількість працевлаштованих залежить від кількості працевлаштованих у попередньому році та чисельності населення поточного року;

$$ЗН_t = f(ЗН_{t-1}, VRP_t, N_t) \quad (8)$$

- 9) чисельність населення представлена функцією, яка залежить від розміру і рівня доходів населення за попередній рік.

$$N_t = f(N_{t-1}, ДН_{t-1}) \quad (9)$$

Динамічна математична модель включає в себе також п'ять балансових рівнянь, за якими розраховуються показники IN_t (інвестиції в основні засоби на душу населення в рік t); $ДН_t$ (дохід на душу населення в році t); $VRPZN_t$ (валовий регіональний продукт на 1 зайняту особу); K_t (відношення один до одного доходів населення і ВРП в рік t); IN_t (інвестиції в основні засоби на душу населення в рік t):

$$IN_t = I_t/N_t \quad (10)$$

$$ДНН_t = VRP_t / N_t \quad (11)$$

$$VRPZN_t = VRP_t / 3H_t \quad (12)$$

$$ДНН_t = ДН_t / N_t \quad (13)$$

$$OPTN_t = OPT_t / N_t \quad (14)$$

$$K_t = (VRP_t / ДН_t) * 100 \quad (15)$$

Система рівнянь моделі (1) – (15) є рекурсивною. Порядок розрахунків здійснюється в послідовності розрахунків невідомих змінних, починаючи з першого і закінчуючи останнім роком прогнозного періоду. Цей розрахунок для кожного року здійснюється за рівняннями моделі відповідно за їх нумерацією, використовуючи результати попередніх операцій з кінця періоду до початку.

Найважливішою складовою моделювання регіонального розвитку є його інформаційна складова. На думку експертів, достовірність прогнозів на основі динамічних моделей на вісімдесят відсотків залежить від якості інформаційної бази. Для економетричних моделей регіонального розвитку це динамічні ряди макроекономічних показників, які характеризують об'єкт дослідження. Довжина часового ряду повинна становити не менше десяти років, а значення наводяться у порівнянні з цінам базового року початку прогнозу (рис. 4).

У кризові періоди розвитку економіки, а також при наявності досить сильних зовнішніх або внутрішніх порушень починають позначатися існуючі в системі внутрішні обмеження, в першу чергу обмеження на випуск продукції, аналогами якої на рівні регіону та на рівні підприємств є їх виробничі потужності, які в умовах бойових дій і кризових ситуацій значно скорочуються. Саме за допомогою цих обмежень можна, перш за все, враховувати вплив факторів військової ситуації - знищення матеріальних

ресурсів і, як наслідок, скорочення виробничих можливостей та виробничих потужностей.

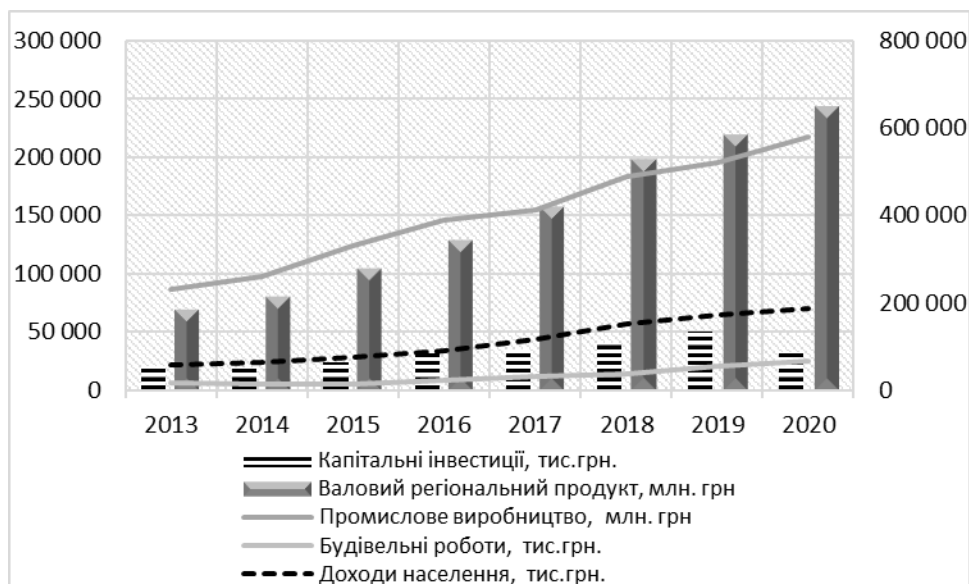


Рис. 4. Темпи і пропорції соціально-економічного розвитку Київської області у 2013-2020 рр.

ВИСНОВКИ З ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Моделювання регіонального розвитку є складною багатовимірною, багатофункціональною задачею. У поєднанні зі сценарними методами методи моделювання і прогнозування є одним з ключові інструменти механізму регулювання регіонального розвитку. Накопичений досвід і сучасна практика побудови моделей розвитку регіональних соціально-економічних систем демонструють переваги методів економетричного аналізу і моделювання. Розроблена динамічна математична модель прогнозування розвитку регіону комплексно охоплює ключові фактори і умови функціонування даної регіональної соціально-економічної системи. У моделі використовується інвестиційна компонента, яка багато в чому визначає зміст сценарних варіантів регіонального розвитку. Найважливішою умовою достовірності прогнозів є їх інформаційна безпека. В рамках економетричного моделювання при поданні

моделі в числовому вигляді використовуються часові ряди відповідних макроекономічних показників.

Обсяг зібраних на сьогоднішній день статистичних даних в регіонах для оцінки соціально-економічного розвитку в умовах військових дій і рівень їх деталізації, не дозволяють точно оцінити важливість основних складових для даної моделі.

Література

1. Кугаєнко А. А. Основи теорії і практики динамічного моделювання соціально-економічних об'єктів і прогнозування їх розвитку. Вузівська книга. Київ. 2015. 392 с.
2. Самсонов К.П. Проблемы моделирования экономики страны в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. *Civil SecurityTechnology*, 2012. Т. 9, № 1 (31). С. 201–206.
3. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: Навч. посіб. Книжкове вид-во НАУ, Київ. 2013. 201 с.
4. Bell F. An Ekonometric Forecasting Model for a Region. *Journal of Regional Science*. 1967. V. 7. №. 2.
5. Klein, L. (1977), “The Specifikation of Regional Ekonometric Models”, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 7, 1977. P. 3–23.
6. Гранберг А. Г., Кольцов А.В., Федорова Т.А. Прогнозирование социально-экономического развития региона: вопросы теории и методики. Центральный экономико-математический институт (Академия наук СССР). Наука, Москва.1981. С. 178–182.
7. Кравченко Т.В. Методи прогнозування регіонального економічного розвитку. *Економічний аналіз*. 2013. Т. 13. С. 88–94.

8. Сауренко Т.Н., Анисимов В.Г. Математические модели прогнозирования экологической угрозы техногенных аварий и катастроф в составе интегрированных систем безопасности региона. *Civil SecurityTechnology*. 2019. Т. 16, №. 3 (61). С. 62–67.
9. Anisimov V., Chernysh A., Anisimov E. Model and Algorithm for Substantiating Solutions for Organization of High-Rise Construction Project // *E3S Web of Conferences: High-Rise Construction*. 2017, HRC2017. 2018. С. 03003
10. Ловеїкін В.С. Теорія технічних систем. ЦП „КОМПРИНТ”. Київ. 2017. 291 с.

References

1. Kuhaienko, A. A. (2015), *Osnovy teorii i praktyky dynamichnoho modeliuвання sotsialno-ekonomichnykh ob'ektiv i prohnozuvannya yikh rozvytku* [Fundamentals of theory and practice of dynamic modeling of socio-economic objects and forecasting their development], Vuzivska knyha, Kyiv, Ukraine.
2. Samsonov K.P. (2012), “Problems of modeling the country's economy in emergency situations of natural and man-made nature”, *Civil SecurityTechnology*, vol. 9, no. 1 (31), pp. 201–206.
3. Pavlenko, P.M. (2013), *Osnovy matematychnoho modeliuвання system i protsesiv* [The basics of mathematical modeling of systems and processes], Knyzhkove vydavnytstvo NAU, Kyiv, Ukraine.
4. Bell, F. (1967), “An Ekonometric Forecasting Model for a Region”, *Journal of Regional Science*, vol. 7, pp. 109–128.
5. Klein, L. (1977), “The Spetsyfikation of Regional Ekonometric Models”, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 7, pp. 3–23.
6. Granberg, A.G., Kol'cov, A.V. and Fedorova T.A. (1981), “Forecasting of social and economic development of the region: questions of theory and methodology”,

Central'nyj jekonomiko-matematicheskij institut (Akademija nauk SSSR), pp. 178–182.

7. Kravchenko, T.V. (2013), “Methods of forecasting regional economic development”, *Ekonomichnyj analiz*, vol. 13, pp. 88–94.
8. Saurenko, T.N. and Anisimov V.G. (2019) “Mathematical Models for Predicting the Ecological Threat of Technogenic Accidents and Catastrophes as Part of the Integrated Security Systems of the Region”, *Civil SecurityTechnology*. vol. 16, pp. 62–67.
9. Anisimov V., Chernysh A., and Anisimov E. (2018) “Model and Algorithm for Substantiating Solutions for Organization of High-Rise Construction Project”, *E3S Web of Conferences: High-Rise Construction*, pp. 03003–03004
10. Lovejkin, V.S. (2017) *Teoriia tekhnichnykh system*. [Theory of technical systems], *Kompynt*, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 02.01.2023 р.