

# **MODERN MATHEMATICAL METHODS, MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN ECONOMICS**

**Volodymyr Kulyk, Candidate of Economic Sciences,  
Head of the Department of Economic  
and Mathematical Modelling and Information  
and Analytical Support of Financial and Economic Research  
SESE «The Academy of Financial Management»  
Kyiv, Ukraine**

*DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-244-9-41>*

## **GLOBAL AND LOCAL ASPECTS OF SUPPORTING THE SAFETY OF CRITICAL INFRASTRUCTURE IN UKRAINE**

### **ГЛОБАЛЬНІ ТА ЛОКАЛЬНІ АСПЕКТИ ПІДТРИМКИ БЕЗПЕЧНОСТІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УКРАЇНІ**

Системний аналіз і регулювання відтворювальних процесів в економіці України потребують спеціалізованих інструментарії, що ґрунтується на міжнародних статистичних стандартах та класифікаціях. Важливість таких інструментів особливо стає затребуваною, коли соціально-економічну систему і її складові частини розглядати як критичну інфраструктуру (КІ), яка потребує цілеспрямованої регуляції, спрямованої на стійкість, безпеку, економічний ріст.

Критичну інфраструктуру необхідно розглядати в глобальному та локальному аспектах. *Глобальний аспект* включає розгляд національної економіки, як одного цілісного об'єкту, який характеризується рядом притаманних йому параметрів і має відповідати вимогам критичності. Такими параметрами можуть бути якісні характеристики його складових елементів (галузей, секторів), процесів (виробництво, утворення і розподіл доходу, капіталоутворення та

ін.), окремих макроекономічних агрегатів (ВВП, ВВП, заощадження, інвестиції й ін.), макроекономічні пропорції, що якісно характеризують відтворювальний процес і, таким чином, безпечність економічної системи. Всі види економічної діяльності (галузі економіки) є об'єктами, які й складають в економічному сенсі критичну інфраструктуру. *Локальний аспект* включає оператора критичної інфраструктури, що на правах власності здійснює управління об'єктом критичної інфраструктури і відповідає за його функціонування [1]. Макроекономічну і мікроекономічну системи можна розглядати як відповідно глобальну та локальну критичні інфраструктури, економічна безпечність яких співвідноситься з їх дохідністю та сталістю відтворення, безпечністю та прогнозованістю процесів розвитку.

Макроекономічну і мікроекономічну критичні інфраструктури можливо досліджувати за допомогою відповідних методів і моделей [1], зокрема агентного моделювання, методу критичного шляху, методу аналізу ієрархій, системи балансів національної економіки, методу «витрати-випуск» й ін.

Найбільш інтегрованим з системою показників фінансового забезпечення КІ є метод і модель «витрати-випуск» й інші системи балансів, які ґрунтуються на стандартизованих показниках і класифікаціях (система національних рахунків та системи балансів, що впливають з неї). Використання цього підходу дозволяє досліджувати динаміку розвитку і динамічні характеристики КІ, здійснювати аналіз і прогнозування динаміки показників фінансового забезпечення КІ, віднаходити порогові значення критичності функціонування КІ й ін. Це можливо за умов наявності статистичної бази функціонування КІ в термінах показників фінансового забезпечення КІ.

За нормальних умов функціонування економіки і її інфраструктурних об'єктів (галузей економіки) прогнозування динаміки показників фінансового забезпечення КІ можливе за процедурами приведеними в [2].

В умовах воєнного стану прогнозування і моделювання процесів розвитку КІ ускладнюється руйнуванням об'єктів критичної інфраструктури, порушенням міжгалузевих зв'язків та безпечності (призупиненням діяльності) функціонування об'єктів КІ. Водночас

відсутня актуальна інформація про стан і функціонування об'єктів КІ. За цих умов прогнозування динаміки показників фінансового забезпечення КІ може мати лише оціночний (ймовірнісний) характер. Наприклад, прогнозування динаміки деяких показників фінансового забезпечення КІ (випуск, проміжне споживання, ВВП) на наступний період з використанням моделі «витрати-випуск» може бути проведено на основі очікуваних змін структури і обсягів кінцевих споживчих витрат (приватне і колективне споживання, інвестиції, експорт) та припущенні про незмінність міжгалузевих зв'язків (хоч і останнє припущення є суперечливим).

Фінансове забезпечення функціонування об'єктів КІ значною мірою залежить від зарубіжної фінансової допомоги (й ін. допомоги, військової, матеріальної, ресурсної), безпечного функціонування державних фінансів та фінансової системи країни.

Глобальні та локальні аспекти підтримки безпечності критичної інфраструктури в Україні слід досліджувати на основі різного ступеня агрегування моделі «витрати-випуск» і відповідних показників, що характеризують результативність (ефективність, продуктивність) галузей [3].

В роботах Ястремського О.І. [3; 4] обґрунтовано запровадження даних показників та проведено класифікацію результативності галузей в рамках 42-галузевої моделі «витрати-випуск» України за 2017 рік:

$$FP_i = \frac{1}{n} \sum_j (\delta_{ij} - a_{ij}) / \frac{1}{n^2} \sum_{ij} (\delta_{ij} - a_{ij}),$$

$$BP_i = \frac{1}{n} \sum_i (\delta_{ij} - a_{ij}) / \frac{1}{n^2} \sum_{ij} (\delta_{ij} - a_{ij}),$$

де  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера,  $a_{ij}$  – коефіцієнти прямих витрат,  $n$  – кількість галузей.

42-галузева деталізація уможливорює оцінювання ефективності галузевої інфраструктури у локальному вимірі – в розширеній класифікації галузей (продуктів). Глобальний вимір безпечності КІ потребує розгляду агрегованих моделей «витрати-випуск» та відповідних показників галузевої ефективності.

В [5] приведена 13-галузева класифікація економіки України що цілком співставна з 13-галузевою класифікацією економіки Японії [6, с. 6–7]. В цій же роботі проведено класифікацію 13-ти галузей за ознакою витратності, з виділенням ключових галузей, з прямим впливом, зі зворотним впливом й ін.

В даному дослідженні проведена класифікація 13-ти галузей економіки України за ознакою результативності (ефективності, продуктивності) (див. табл. 1).

Таблиця 1

### Класифікація галузей за продуктивністю

Тип галузі	Умови
Продуктивна ( <i>P</i> )	$FP > 1, BP > 1$
Прямо продуктивна ( <i>FPO</i> )	$FP > 1, BP < 1$
Зворотно продуктивна ( <i>BPO</i> )	$0 < FP < 1, BP > 1$
Слабо продуктивна ( <i>L</i> )	$0 < FP < 1, BP < 1$
Помірно непродуктивна ( <i>MNP</i> )	$-1 < FP < 0, BP < 1$
Непродуктивна ( <i>NP</i> )	$FP < -1, BP < 1$
Помірно непродуктивна зі зворотною продуктивністю ( <i>MNPB</i> )	$-1 < FP < 0, BP > 1$
Непродуктивна зі зворотною продуктивністю (екстремальна, <i>EXT</i> )	$FP < -1, BP > 1$

Джерело: [3, с. 89]

Класифікаційний статус галузей зазнавав найбільших змін в періоди кардинальної зміни економічних умов господарювання – в 2013–2014 рр. на початку російської агресії, та в 2019–2020 рр. з початком пандемії COVID-19.

Впродовж досліджуваного періоду 2013–2020 рр. класифікаційний статус деяких галузей залишається постійним (незмінним): до статусу «продуктивної» віднесені галузі «Операції з нерухомістю», «Державне управління», «Не класифіковані галузі»; до статусу «прямо продуктивної» віднесені галузі «Сільське, лісове та рибне господарство», «Транспорт»; до статусу «непродуктивної» віднесено галузь «Промисловість».

**Оцінювання продуктивності галузей економіки України,  
2013–2020 рр.**

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
(1) Сільське, лісове та рибне господарство	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO
(2) Гірничодобувна промисловість	BPO	BPO	BPO	BPO	BPO	BPO	BPO	P
(3) Промисловість	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
(4) Будівництво	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO	L
(5) Електроенергетика, газ, водопостачання	L	L	L	FPO	FPO	FPO	FPO	L
(6) Торгівля	P	BPO	BPO	BPO	L	BPO	BPO	BPO
(7) Фінанси і страхування	BPO	P	P	P	P	P	P	P
(8) Операції з нерухомістю	P	P	P	P	P	P	P	P
(9) Транспорт	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO	FPO
(10) Інформація та зв'язок	FPO	P	P	FPO	FPO	FPO	L	P
(11) Державне управління	P	P	P	P	P	P	P	P
(12) Послуги	P	P	BPO	BPO	BPO	BPO	BPO	BPO
(13) Не класифіковані галузі	P	P	P	P	P	P	P	P
Зміни класифікаційного статусу галузей порівняно з попереднім періодом	-	3	1	2	1	1	1	4

*Примітка: P – продуктивна, FPO – прямо продуктивна, BPO – зворотно продуктивна, L – слабо продуктивна, MNP – помірно непродуктивна, NP – непродуктивна, MNPB – помірно непродуктивна зі зворотною продуктивністю, EXT – непродуктивна зі зворотною продуктивністю (екстремальна).*

Найбільше (тричі) класифікаційний статус змінювали галузі «Торгівля» та «Інформація і зв'язок»: галузь «Торгівля» в межах «продуктивної» – «зворотно продуктивної» – «слабо продуктивної»; галузь «Інформація і зв'язок» в межах «прямо продуктивної» – «продуктивної» – «слабо продуктивної».

Ряд галузей змінили статус лише один раз: галузь «Послуги» з «продуктивної» в 2015 р. стала «зворотно продуктивною»; галузь «Фінанси і страхування» зі «зворотно продуктивної» в 2014 р. стала «продуктивною»; галузь «Гірничодобувна промисловість» з «зворотно продуктивної» в 2020 р. стала «продуктивною»; галузь «Будівництво» з «прямо продуктивної» в 2020 р. стала «слабо продуктивною».

Глобальні та локальні аспекти підтримки безпечності критичної інфраструктури в Україні слід досліджувати за допомогою моделей «витрати-випуск» різного ступеня агрегування та відповідних класифікаційних ознак витратності та ефективності галузей.

Перспективним є встановлення взаємозв'язків між класифікаційними ознаками для моделей «витрати-випуск» різного ступеня агрегування, побудова динамічних рядів класифікаційних ознак для 19-ти та 42-х галузевих моделей «витрати-випуск» економіки України.

### Література:

1. Eusgeld I., Henzi D., Kröger W. Comparative Evaluation of Modelling and Simulation Techniques for Interdependent Critical Infrastructures Scientific Report. Der vorliegende, sprachlich überarbeitete Bericht ersetzt gemäss Beschluss an der Sitzung vom 25. April 2008 den ersten Entwurf vom 21. April 2008.
2. Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables. Office for Official Publications of the European Communities, European Commission, Luxembourg, 2008.
3. Ястремський О.І. Міжгалузевий аналіз витратності і продуктивності економіки України: порівняння у часі і між країнами. Кібернетика і системний аналіз. 2020. Т.56, № 4. С. 85–97.
4. Ястремський О.І. Ключові та ефективні види економічної діяльності України. Вісник економічної науки України. 2018. № 2. С. 177–182.
5. Кулик В.В. Схема «витрати-випуск» економіки Японії : Системний аналіз та моделювання міжгалузевих зв'язків економіки України. Фінанси України. 2022. № 3. С. 53–75.
6. 2015 Input-Output Tables for Japan / Ministry of Internal Affairs and Communications JP. URL: [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000732915.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000732915.pdf).