

Кулик В. В.

кандидат економічних наук, старший науковий співробітник відділу фінансово-економічного прогнозування НДФІ ДННУ "Академія фінансового управління", Київ, Україна, volodymyr_kulyk@ukr.net
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2226-2795>

ВАЛОВИЙ ВНУТРІШНІЙ ПРОДУКТ І КРИТИЧНА ІНФРАСТРУКТУРА

Анотація. Для аналізу і моделювання ВВП використано модель Леонтьєва, де витрати інтерпретуються двояко – як витрати споживачів і як витрати виробників. Це дає змогу визначати ступінь їхнього взаємного впливу через усталену структуру виробництва. На основі агрегованої трисекторної моделі Леонтьєва проведено моделювання за двома сценаріями: а) впливу кінцевих споживчих витрат на випуск та формування доданої вартості і б) впливу зміни доданої вартості на випуск та кінцеві споживчі витрати. Модель включає три сектори – агросектор, промисловість та сферу послуг. Для обох сценаріїв оцінювання та верифікацію розрахунків приросту ВВП і випуску здійснено за балансовим методом – приросту випуску та ВВП описано в рамках моделі Леонтьєва. Трисекторна модель корисна для навчально-освітніх цілей, наукових досліджень; для осягнення методу на конкретному прикладі. Підхід може бути поширений на моделі більшої й великої розмірності.

Ключові слова: валовий внутрішній продукт, модель Леонтьєва, таблиця "витрати-випуск", сектори економіки, виробництво, виробнича інфраструктура, критична інфраструктура, балансові методи оцінки.

Форм. 5. Рис. 3. Табл. 10. Літ. 29.

Volodymyr Kulyk

Ph. D. (Economics), Senior Research Fellow, SESE "The Academy of Financial Management", Kyiv, Ukraine, volodymyr_kulyk@ukr.net
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2226-2795>

GROSS DOMESTIC PRODUCT AND CRITICAL INFRASTRUCTURE

Abstract. GDP is considered as a critical infrastructure that characterizes the global interaction of consumers and manufacturers of the final product in the national economy. For the analysis and modelling of GDP, the Leontiev model is used to analyze and to model GDP as a critical infrastructure, where costs are interpreted in two ways – as consumer spending and as producer costs. This allows you to determine the degree of their influence on each other through the established production structure. Based on Leontiev's aggregated three-sector model, two scenarios were modelled: a) the impact of final consumer spending on output and the formation of added value and b) the impact of changes in added value on output and final consumer spending. The model includes three sectors – the agricultural sector, industry and service sectors. In the first scenario, the increase in the final consumed product in the agricultural sector by 1000 yen causes an increase in output in the agricultural sector by 1153.5 yen, in industry by 594.4 yen and in the service sector by 358.1 yen. At the same time, total production costs will increase by 1106.0 yen; added value will increase in the agricultural sector by 549.8 yen, in industry – 216.8 yen, in the service sector – 233.4 yen. The volume of production growth can be determined only through the Leontiev model. In the second scenario, an increase in added value in the agricultural sector by 1000 yen brings about an increase in output in the agricultural sector by 1153.5 yen, in

industry by 1470.4 yen and in the service sector by 480.7 yen. For both scenarios, the assessment and verification of calculations of GDP growth and output are carried out by the balance method – output and GDP growth is described within the Leontiev model. The three-sectoral model is useful for educational purposes, scientific research; to reach the method in a specific example. The approach can be extended to models of greater dimension and large size.

Key words: gross domestic product, Leontiev model, input-output table, economy's sectors, production, production infrastructure, critical infrastructure, balance methods of estimation.

JEL classification : C13, C67, D57, E23.

Кулик В. В.

кандидат экономических наук, старший научный сотрудник отдела финансово-экономического прогнозирования НИФИ ГУНУ "Академия финансового управления", Киев, Украина

ВАЛОВОЙ ВНУТРЕННИЙ ПРОДУКТ И КРИТИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Аннотация. Для анализа и моделирования ВВП использована модель Леонтьева, где расходы интерпретируются двояко – как расходы потребителей и как расходы производителей. Это позволяет определять степень их взаимного влияния через установленную структуру производства. На основе агрегированной трехсекторной модели Леонтьева проведено моделирование по двум сценариям: а) влияния конечных потребительских расходов на выпуск и формирование добавленной стоимости и б) влияния изменения добавленной стоимости на выпуск и конечные потребительские расходы. Модель включает три сектора – агросектор, промышленность и сферу услуг. Для обоих сценариев оценка и верификация расчетов прироста ВВП и выпуска осуществлены по балансовому методу – приросты выпуска и ВВП описаны в рамках модели Леонтьева. Трехсекторная модель полезна для учебно-образовательных целей, научных исследований; для постижения метода на конкретном примере. Подход может быть распространен на модели большей и значительной размерности.

Ключевые слова: валовой внутренний продукт, модель Леонтьева, таблица "затраты-выпуск", сектора экономики, производство, производственная инфраструктура, критическая инфраструктура, балансовые методы оценки.

Національну економіку можна розглядати як систему дуальних протиставлень – "попит" і "пропозиція", "споживачі" і "виробники", "кінцеві продукти" й "отримувані доходи" та ін. Всі вони тісно пов'язані між собою – пропозиція формується в результаті попиту, виробники відгукуються на потреби споживачів, загальна вартість кінцевих товарів, котрі отримують споживачі, відповідає сукупному доходу, одержуваному виробниками. Вказані зв'язки економіки можуть бути представлені в рамках окремих продуктів, продуктових груп, підгалузей і галузей економіки, укрупнених секторів (агросектор, промисловість, сфера послуг); вони взаємодіють у процесах виробництва кінцевого продукту, його розподілу і споживання.

В умовах ринкової економіки – нестабільності, зумовленої внутрішніми і зовнішніми чинниками, – важливо забезпечувати умови стабільності такої системи, її передбачуваності, внутрішньої збалансованості, зменшення ризиковості її функціонування тощо.

Валовий внутрішній продукт (ВВП) водночас характеризує три важливі взаємозалежні процеси – кінцеве споживання виробленої продукції, результати виробництва та розподіл доходу між виробничими факторами. Тому, аналізуючи процеси відтворення в рамках моделі “витрати-випуск”, необхідно оцінювати, яким чином зміна обчисленого за одним зі способів ВВП впливатиме на структуру інших визначень ВВП; наприклад, зміна ВВП за категоріями кінцевого споживання на ВВП за виробничим методом, і навпаки, і т. д.

В Україні існує значний потенціал для стійкого зростання ВВП. На думку фахівців, при оцінюванні обсягів офіційного ВВП України у 2020 р. у 155 млрд дол. США обсяги неофіційного ВВП, представленого офшорним та тіньовими секторами, становить близько 258 млрд дол. США [1].

Класична праця П. Студенського [2] містить вагомий теоретичний та економіко-статистичний матеріал про формування ВВП у різних країнах. Національна економіка розглянута як економічний організм суспільства, що включає сукупність виробників і споживачів, котрі тісно пов'язані між собою у процесах своєї діяльності [2, с. 251]. Економічний цикл розглянуто через постійну повторюваність взаємозв'язків споживачів і виробників у процесах виробництва, розподілу та споживання ВВП [2, с. 252]. Модель Леонтьєва (“витрати-випуск”) сьогодні широко використовується в економічних дослідженнях [3]. Цей інструмент аналізу розроблено у спосіб, щоб із мінімальними викривленнями оперувати великими наборами кількісних даних. Агреговані дані стають важливим елементом прогнозування галузевого розвитку, поступу світової економіки. П. Студенський і В. Леонтьєв розпочинали дослідницьку діяльність у Росії, проте продовжували її на Заході. Їхні праці отримали визнання, а наукові надбання стали пам'ятками економічної думки.

Відтворення доходів у національній економіці досить повно відображає методологія національних рахунків, зокрема Європейська система рахунків [4]. Таблиця “витрати-випуск” (далі – ТВВ) [5] є її частиною, застосовуваною для аналізу галузевого розвитку та прогнозування. У Німеччині розробляють і публікують агреговану трисекторну ТВВ [6], яка є основою для подальших поглиблених досліджень. Схема “витрати-випуск” використовується для порівняльного аналізу розвитку економічних систем, зокрема так званої синьої економіки [7].

Відтворення ВВП в Україні в розрізі його споживання, виробництва та розподілу представлено в статистичному збірнику [8]. Упровадження концепції захисту критичної інфраструктури проаналізовано в роботі [9]. У ній узагальнено стан досягнутого прогресу, висвітлено проблеми, які наша держава має вирішити для забезпечення необхідного рівня захисту критичної інфраструктури, досягнення стійкості, адекватної сучасним викликам та загрозам. Особливу увагу приділено галузевим аспектам захисту критичної інфраструктури (енергетика, оборонний сектор, телекомунікації, транспорт та ін.).

Агреговані ТВВ Японії [10] є основою для аналітичної роботи та координації урядових структур у частині розроблення та реалізації еконо-

мічної політики. Підготовлювані кожні п'ять років звіти на основі моделі “витрати-випуск” дають загальне розуміння економічних трендів і їх зміни.

У працях О. І. Ястремського досліджено волатильність матриці коефіцієнтів прямих витрат та порівняно вплив невизначеності на міжгалузеві потоки національних економік США, України та Польщі [11; 12]; введено показники еластичності валових випусків за кінцевим попитом, коефіцієнтів кореляції структури питомих витрат між секторами, між структурою кінцевого попиту та валового випуску, проведено порівняння структури національних економік України та Польщі [13].

У роботі [14] наведено три методи обчислення ВВП на прикладі ТВВ Японії за 2015 р. Проілюстровано динаміку змін ВВП упродовж 1975–2015 рр. Схематично розглянуто економічний кругообіг, де економіка представлена як одна галузь. Працю [15] присвячено агрегуванню ТВВ Японії та України до рівня трисекторної моделі, у ній проведено порівняння структури випуску та формування елементів доданої вартості. Вхідні дані для моделювання процесів відтворення економік Великобританії, Німеччини, Японії та Польщі на основі трисекторної моделі Леонтьєва містяться в дослідженні [16]. Розраховано окремі параметри критичності економік: число Фробеніуса, вектор Фробеніуса, структуру випуску “споживачів” і “виробників”, наведено обернені матриці Леонтьєва тощо.

Водночас у науковій літературі немає публікацій, присвячених моделюванню змін структури ВВП та випуску на основі агрегованих моделей Леонтьєва на прикладі конкретних економічних систем.

Мета статті – на основі агрегованої трисекторної моделі “витрати-випуск” (Японія, 2015 р.) провести сценарні розрахунки зміни ВВП і його впливу на зміни обсягів випуску (сценарії включають: 1) моделювання впливу зміни кінцевих споживчих витрат на випуск та формування доданої вартості; 2) зворотні розрахунки); здійснити моделювання з очікуваним зростанням витрат “споживачів” і “виробників” на продукцію секторів економіки на 1000 єн; з'ясувати природу впливу зміни галузевих витрат на випуск та формування ВВП; обґрунтувати важливість моделювання ВВП як критичної інфраструктури в рамках моделі Леонтьєва.

Критична інфраструктура та ВВП

У Європейському Союзі та країнах-членах термін “критична інфраструктура” визначено в низці законодавчих актів (табл. 1).

У Великобританії під критичною інфраструктурою розуміють критичну національну інфраструктуру [17], котра охоплює об'єкти, необхідні для функціонування суспільства і економіки. До них відносять: сільське господарство, виробництво і розподіл продуктів харчування; водопостачання; охорону здоров'я; транспортні системи; служби безпеки (поліція, військові); виробництво, передача та розподіл електроенергії тощо.

У Німеччині в критичній інфраструктурі виокремлюють технічну базову та обслуговуючу соціально-економічну інфраструктуру [18, с. 7], які тісно пов'язані між собою та доповнюють одна одну. До першої належать

сектори електроенергетики, інформаційних і комунікаційних технологій, транспорт, водопостачання, а до другої – охорону здоров'я, продукти харчування, парламент, уряд, державне управління, фінанси, страховий бізнес, аварійно-рятувальні служби, правоохоронні органи та ін.

В Україні державна політика у сфері захисту критичної інфраструктури виокремлює життєво важливі послуги [19]: урядування; енергозабезпечення; водопостачання та водовідведення; продовольче забезпечення; охорона здоров'я; інформаційні й комунікаційні послуги; фінансові та банківські послуги; транспортне забезпечення; оборона; правопорядок; постачання теплової енергії; цивільний захист населення. Переважно ці послуги збігаються з переліком видів економічної діяльності, представлених у таблиці “витрати-випуск” [20] та національних рахунках України [8].

Т а б л и ц я 1

Вибрані визначення терміна “критична інфраструктура”

Країна	Визначення
Європейський Союз	Актив, система чи її частина, розташовані в країні – члені ЄС, що є необхідними об'єктами для підтримки життєво важливих суспільних функцій, охорони здоров'я, безпеки, економічного та соціального благополуччя людей [21]
Великобританія	Активи, послуги та системи, що підтримують економічне, політичне й соціальне життя Великобританії, чия втрата може: 1) спричинити масштабну загибель людей; 2) відчутно вплинути на національну економіку; 3) призвести до інших серйозних соціальних наслідків; 4) перетворитись на одне з невідкладних завдань національного уряду [22]
Німеччина	Конструкції, системи, необхідні для підтримання найважливіших функцій суспільства, постійна доступність яких гарантує кожному члену суспільства почуття власної та громадської безпеки [18]
Іспанія	Стратегічні інфраструктури (тобто ті, які забезпечують основні послуги), чие функціонування є необхідним та не має альтернативи, порушення або руйнування яких матиме серйозний вплив на основні послуги в країні [23]
Україна	Сукупність об'єктів, які є стратегічно важливими для економіки і національної безпеки, чие порушення функціонування може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам [19]

Складено автором.

Економічний кругообіг у національній економіці подають переважно як взаємодію підприємств та домогосподарств, які пов'язані між собою через ринки продуктів та ресурсів [25, с. 40; 26]; ця схема також може доповнюватися державним сектором [25, с. 98; 26, с. 97], котрий справляє регулюючий вплив на ринки, підприємства й домогосподарства. Ця конструкція виокремлює суб'єктів економічного процесу, проте питання формування і використання ВВП залишається відкритим.

П. Студенський економічний кругообіг подає як два кругових потоки руху грошей і продуктів (рис. 1), внаслідок чого формується потік доходу і продукту (рис. 2), що має три стадії, котрі визначають виробництво, розподіл і споживання ВВП. Економічний процес, таким чином, набуває форми сполученої послідовності циклів виробництва, розподілу доходів і використання кінцевих витрат (рис. 3). Таблиця “витрати-випуск” деталізує цей процес у рамках одного циклу (року) та видів економічної діяльності (і/або продуктів). Наведені схеми відтворення є основою для дослідження структурних змін в економіці, особливостей економічного кругообігу.

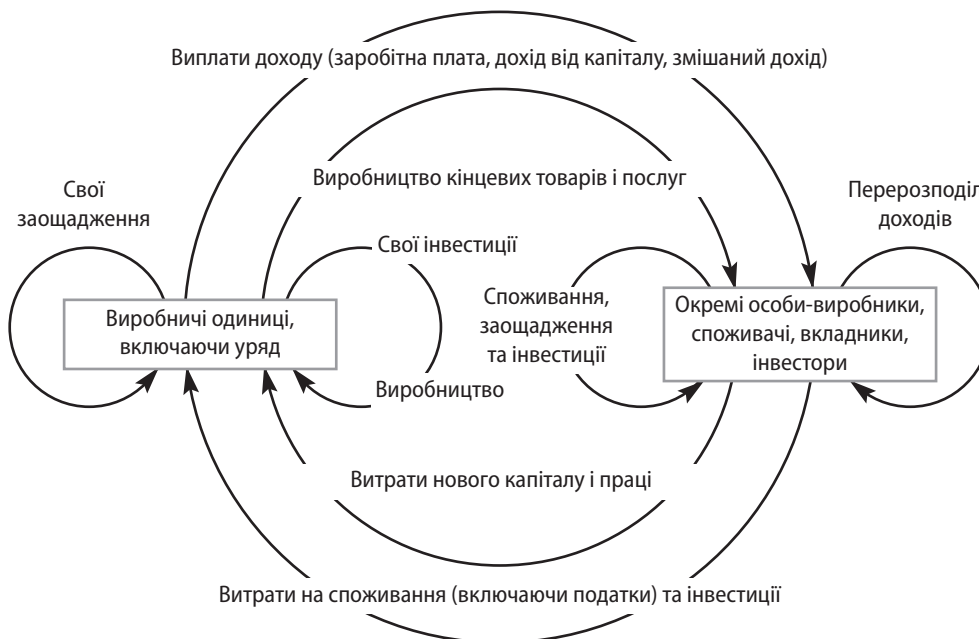


Рис. 1. Два кругових потоки: грошовий і фізичний

Джерело: Студенський П. Доход націй (теорія, вимірювання і аналіз: минуле і теперішнє): збірник матеріалів; ред. А. Л. Вайнштейн; пер. В. М. Кудров. Москва: Статистика, 1968. С. 252.



Рис. 2. Поєднаний потік доходу і продукту, і три його фази

Джерело: Студенський П. Доход націй (теорія, вимірювання і аналіз: минуле і теперішнє): збірник матеріалів; ред. А. Л. Вайнштейн; пер. В. М. Кудров. Москва: Статистика, 1968. С. 252.

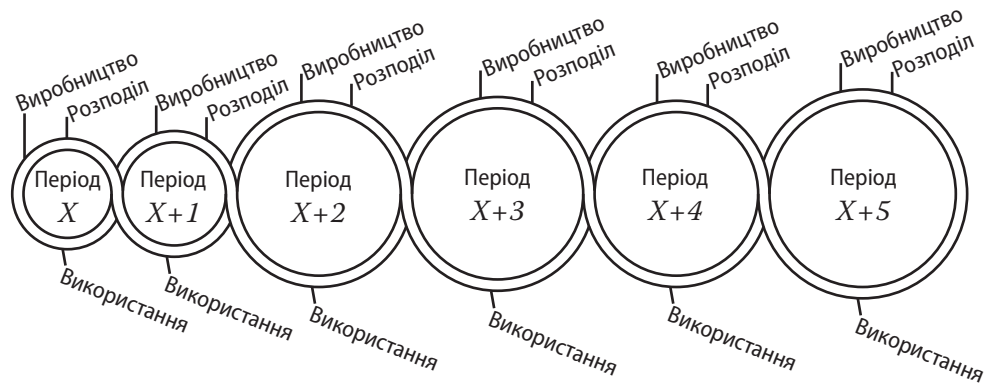


Рис. 3. Економічний процес у часі: послідовність циклів виробництва, розподілу доходів і кінцевих витрат (споживання та капіталовкладення)

Джерело: Студенский П. Доход наций (теория, измерение и анализ: прошлое и настоящее): сборник материалов; ред. А. А. Вайнштейн; пер. В. М. Кудров. Москва: Статистика, 1968. С. 252.

Розглянемо економічний кругообіг у рамках системи рахунків [8; 20], де визначено місце і роль створеного і спожитого кінцевого продукту (табл.2).

Таблиця 2

ВВП у системі економічного кругообігу

№ з/п	Рахунки-процеси	Ресурси	Використання	Результат
1	Рахунок товарів і послуг	Проміжне споживання товарів і послуг + ВВП як сукупність кінцевих споживчих товарів	Випуск товарів і послуг	ВВП за категоріями витрат
2	Рахунок виробництва	Випуск	Проміжне споживання товарів і послуг + ВВП як результат виробництва	ВВП за виробничим методом
3	Рахунок утворення доходу	ВВП як результат виробництва	ВВП як сукупність факторних доходів (факторні доходи)	ВВП за категоріями доходу

Складено за: Національні рахунки України за 2019 рік: стат. зб. / Державна служба статистики України. Київ, 2021. URL: http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/02/Nac_rah_19.pdf.

Як бачимо, усталений і використовуваний фахівцями-економістами термін “виробництво, розподіл та споживання ВВП” набуває цілком конкретних змісту й форми, аналізується в розрізі видів економічної діяльності та/або продуктів, циклів відтворення, інституційних секторів тощо. Отже, ВВП слід розглядати як актив, інфраструктуру, відтворення якого відстежуємо в рамках зазначеної вище системи рахунків. Тоді ТВВ є деталізацією цих рахунків у рамках видів економічної діяльності / продуктів.

ВВП як витрати “споживачів” і “виробників”

Для моделювання взаємовпливів між “споживачами” і “виробниками” застосовують модель Леонтьєва (відому як модель “витрати-випуск”) [3]. Зауважимо, ця модель має дві інтерпретації – вплив *витрат “виробників”* на випуск (прямі витрати) та вплив *витрат “споживачів”* на обсяги випуску (обернені витрати). Тобто вона уможливає моделювання прямих і обернених зв’язків у багатогалузевій економічній системі, проте її повноцінне застосування накладає певні умови на систему – взаємоузгодження дій “споживачів” та “виробників” на основі спільних цінностей, що забезпечують довіру, стабільність цін, конкурентний відбір на етапах виробництва та формування попиту на кінцеві товари, формування такої структури ВВП, що гарантує стабільність (або наближає до неї). І найголовніше – постійна оптимізація структури виробничих витрат у спосіб, що зменшує матеріаломісткість і енергоємність виробленого продукту, наближає його до вуглецевої нейтральності тощо.

Для цього необхідно застосувати інструменти макроекономічного аналізу й моделювання – ТВВ і відповідний метод.

Моделювання прямих зв’язків при процесах виробництва здійснюється за допомогою моделі Леонтьєва:

$$X = AX + Y, \quad X \geq 0, \quad (1)$$

де X – випуск; AX – проміжне споживання; Y – кінцевий продукт; A – матриця прямих витрат.

Моделювання обернених зв’язків при процесах споживання кінцевого продукту дає відповідь на запитання, яким чином збільшення споживання кінцевого продукту на одиницю впливає на обсяги випуску, й описується за допомогою модифікованої моделі Леонтьєва, що випливає з формули (1):

$$X = (I - A)^{-1} Y, \quad (2)$$

де $(I - A)^{-1}$ – обернена матриця Леонтьєва.

Форма агрегованих ТВВ [16] з виокремленням ВВП за категоріями кінцевого споживання і ВВП за виробничим методом вказує і на два можливі підходи до організації процесів моделювання за схемою “витрати-випуск”. В обох випадках “витратами” є ВВП, а результатом пошуку є “випуск”. Крім того, становить інтерес, яким чином приріст кінцевих споживчих витрат (ВВП) позначиться на прирості доходів виробництва (ВВП), і навпаки.

Отже, як результат моделювання визначаємо випуск і його прирости, виходячи з:

1) кінцевих споживчих витрат (ВВП за категоріями кінцевого споживання, позначимо Y^1) і його приростів. Тоді випуск (стовпчик у ТВВ) характеризуватиме сукупні витрати споживання;

2) утворених доходів виробництва (ВВП за виробничим методом, позначимо Y^2) і його приростів. Тоді випуск (рядок у ТВВ) відображатиме сукупні обсяги виробництва.

Випуск в обох випадках залишатиметься без змін, оскільки випуск-стовпчик тотожний випуску-рядуку, позначимо його як X .

Моделювання може бути побудоване також за двома сценаріями:

1) яким чином зміни кінцевих споживчих витрат впливають на зміни випуску і зміни у формуванні ВВП за виробничим методом:

$$Y^1 \Rightarrow X \Rightarrow Y^2$$

2) яким чином зміни у формуванні ВВП за виробничим методом впливають на зміни випуску і зміни кінцевих споживчих витрат (ВВП):

$$Y^2 \Rightarrow X \Rightarrow Y^1$$

Вхідні дані для варіантних обчислень

Розглянемо ТВВ Японії (2015 р.), представлену трьома секторами економіки (I – агросектор, II – промисловість, III – сфера послуг) (табл. 3), і вхідні дані для варіантних обчислень за методом “витрати-випуск” (табл. 4–7). Розширений зміст ТВВ у частині кінцевих витрат та формування доданої вартості наведено в роботах [14; 16].

Таблиця 3

ТВВ в основних цінах. Японія, 2015 р., 1 млрд єн

	I	II	III	Σ	ВВП ¹	Випуск
I	1566,7	8211,8	1531,9	11310,4	1577,2	12887,6
II	3127,9	184890,5	60195,5	248213,9	145459,1	393673,0
III	2050,9	56970,3	151034,2	210055,4	401202,4	611257,8
Σ	6745,5	250072,6	212761,6	469579,7	548238,7	1017818,4
ВВП ^{2,3}	6142,1	143600,4	398496,2	548238,7		
Випуск	12887,6	393673,0	611257,8	1017818,4		

Примітка. ВВП¹ – ВВП за категоріями кінцевого споживання; ВВП² – ВВП за виробничим методом; ВВП³ – ВВП за категоріями доходу.

Складено за: 2015 Input-Output Tables for Japan. Portal Site of Official Statistics of Japan. URL: https://www.soumu.go.jp/english/dgpp_ss/data/io/io15_00001.htm.

Таблиця 4

Виробництво. Структура витрат (матриця A). Японія, 2015 р.

	I	II	III	Σ
I	0,12157	0,02086	0,00251	0,01111
II	0,24271	0,46965	0,09848	0,24387
III	0,15914	0,14471	0,24709	0,20638
Σ	0,52341	0,63523	0,34807	0,46136
ВВП ^{2,3}	0,47659	0,36477	0,65193	0,53864
Випуск	1	1	1	1

Складено автором.

Таблиця 5

Матриця Леонтьєва виду $B = (I - A)^{-1}$, Японія, 2015 р.

	I	II	III
I	1,15353	0,04814	0,01014
II	0,59438	1,98016	0,26097
III	0,35806	0,39077	1,38048

Складено автором.

Таблиця 6

Сукупний попит. Структура випуску (матриця С). Японія, 2015 р.

	I	II	III	Σ	ВВП ¹	Випуск
I	0,12157	0,63719	0,11887	0,87762	0,12238	1
II	0,00795	0,46966	0,15291	0,63051	0,36949	1
III	0,00336	0,09320	0,24709	0,34364	0,65636	1
Σ	0,00663	0,24569	0,20904	0,46136	0,53864	1

Складено автором.

Таблиця 7

Матриця Леонтьєва виду $D = (I - C)^{-1}$, Японія, 2015 р.

	I	II	III
I	1,15353	1,47039	0,48073
II	0,01946	1,98016	0,40522
III	0,00755	0,25167	1,38048

Складено автором.

Варіантні обчислення приросту кінцевого продукту для економіки як одногалузевого утворення

При розгляді економіки як одногалузевого утворення моделювання прямих і обернених зв'язків здійснюємо за скалярним рівнянням:

$$\Delta x = (1 - a)^{-1} \Delta y, \quad (3)$$

де Δx – приріст скаляра випуску; Δy – приріст скаляра витрат кінцевого споживання; $(1 - a)^{-1}$ – мультиплікатор приросту випуску.

Для нашого прикладу витрати a розглядаємо як скаляр, і його значення становить 0,46136. Відповідно, збільшення споживання кінцевого продукту y на одиницю зумовлює зростання випуску x на одиниць. Або, іншими словами, приріст споживання кінцевого продукту y на 1000 єн зумовлює зростання випуску x на 1856,5 єни.

“Витратами” в такому разі є кінцеві споживчі витрати економіки Y^1 , а “випуском” – випуск економіки в цілому X , зумовлений цими витратами. Це найбільш поширене трактування моделі “витрати-випуск”, де кінцеве споживання продукту й виробниче споживання визначають обсяги випуску.

Проте можливе й інше тлумачення кінцевого продукту Y (див. вище). В обох цих випадках для одногалузевого варіанта маємо один і той самий результат.

Варіантні обчислення приросту кінцевого продукту для економіки як багатогалузевого утворення

При розгляді економіки як багатогалузевого утворення моделювання прямих і обернених зв'язків здійснюємо за матрично-векторним рівнянням:

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta Y^1, \quad (4)$$

де ΔX – приріст випуску; ΔY^1 – приріст витрат кінцевого споживання; $(I - A)^{-1}$ – обернена матриця Леонтьєва.

У випадку багатогалузевої взаємодії моделювання ускладнюється і не є настільки очевидним, особливо в частині моделювання обернених міжгалузевих зв'язків. Це зумовлено тим, що кінцевий продукт розглядається в галузевому вимірі як результат кінцевого споживання і виробництва (валова додана вартість галузей) (див. табл. 3).

Для багатогалузевого варіанта матриця витрат A (див. табл. 4) впливає з ТВВ (див. табл. 3) і за змістом є цілком зрозумілою. Проте моделювання обернених зв'язків потребує знаходження оберненої матриці Леонтьєва (див. табл. 5), що визначається математичними методами і значення елементів якої не є настільки наочним, як у попередньому випадку.

Обернену матрицю Леонтьєва $B = (I - A)^{-1}$ називають також *матрицею повних витрат*, і її використання дає відповіді на запитання, яким чином зміниться галузевий випуск залежно від зростання кінцевого споживання галузі на одиницю.

Проведемо моделювання “витрати-випуск” за схемою $Y^1 \Rightarrow X \Rightarrow Y^2$.

Розглянемо чотири варіанти приросту кінцевого продукту (див. Y^1 табл. 3):

$$\Delta Y_1^1 = \begin{pmatrix} 1000 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_2^1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1000 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_3^1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1000 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_4^1 = \begin{pmatrix} 1000 \\ 1000 \\ 1000 \end{pmatrix}.$$

Останній – четвертий варіант – є сумою попередніх варіантів.

Використовуючи рівняння (4) і розглядаючи векторні значення приросту кінцевого продукту ΔY^1 , визначаємо прирости векторів випуску ΔX для кожного з чотирьох варіантів:

$$\Delta X_1 = \begin{pmatrix} 1153,5 \\ 594,5 \\ 358,1 \end{pmatrix}, \quad \Delta X_2 = \begin{pmatrix} 48,1 \\ 1980,2 \\ 390,8 \end{pmatrix}, \quad \Delta X_3 = \begin{pmatrix} 10,1 \\ 261,0 \\ 1380,5 \end{pmatrix}, \quad \Delta X_4 = \begin{pmatrix} 1211,8 \\ 2835,5 \\ 2129,3 \end{pmatrix}.$$

Знаючи галузеві/секторальні прирости випуску та значення виробничих витрат (матриця A , див. табл. 4), визначаємо прирости кінцевого продукту як галузеві/секторальні прирости доданих вартостей (див. ВВП² табл. 3):

$$\Delta Y_1^2 = \begin{pmatrix} 549,8 \\ 216,8 \\ 233,4 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_2^2 = \begin{pmatrix} 22,9 \\ 722,3 \\ 254,8 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_3^2 = \begin{pmatrix} 4,8 \\ 95,2 \\ 900 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_4^2 = \begin{pmatrix} 577,5 \\ 1034,3 \\ 1388,2 \end{pmatrix}.$$

Результати варіантних обчислень подаємо через прирістну ТВВ, яка характеризує весь спектр змін – у випуску, проміжному споживанні, формуванні доданої вартості, у розрізі секторів і економіки загалом. Для першого варіанта таку прирістну ТВВ наведено в табл. 8.

Суть прирістної ТВВ полягає в економічній інтерпретації додаткового кінцевого споживання (наприклад, у 1000 єн у первинному секторі) і його впливу на інші елементи схеми “витрати-випуск”.

Прирістна таблиця “витрати-випуск”, ΔY^1 . Варіант обчислень 1

	I	II	III	Σ	ВВП ¹	Випуск
I	140,2	12,4	0,9	153,5	1000,0	1153,5
II	280,0	279,2	35,3	594,5	0,0	594,4
III	183,6	86,0	88,5	358,1	0,0	358,1
Σ	603,8	377,6	124,7	1106,0	1000,0	2106,0
ВВП ^{2,3}	549,8	216,8	233,4	1000,0		
Випуск	1153,5	594,4	358,1	2106,0		

Складено автором.

Наведені варіанти обчислень характеризуються адитивністю:

$$\begin{aligned}\Delta Y_1^1 + \Delta Y_2^1 + \Delta Y_3^1 &= \Delta Y_4^1, \\ \Delta X_1 + \Delta X_2 + \Delta X_3 &= \Delta X_4, \\ \Delta Y_1^2 + \Delta Y_2^2 + \Delta Y_3^2 &= \Delta Y_4^2.\end{aligned}$$

Верифікація обчислень

Важливим елементом обчислень є верифікація правильності розрахунків. Для цього є кілька балансових методів перевірки, що випливають із моделі Леонтьєва. Найпростіший – у кожному з варіантів сумарні галузеві/секторальні прирости кінцевого продукту (ВВП за категоріями кінцевих витрат і за виробничим методом) є рівними між собою:

$$\sum_{j=1}^3 \Delta Y_{ij}^1 = \sum_{j=1}^3 \Delta Y_{ij}^2, i = \overline{1, 4}$$

де i – варіант обчислень; j – досліджувана галузь/сектор.

Наприклад, для першого й четвертого варіантів є справедливим:

$$\sum_{j=1}^3 \Delta Y_{1j}^1 = \sum_{j=1}^3 \Delta Y_{1j}^2 \Rightarrow (1000+0+0) = (549,8+216,8+223,4).$$

$$\sum_{j=1}^3 \Delta Y_{4j}^1 = \sum_{j=1}^3 \Delta Y_{4j}^2 \Rightarrow (1000+1000+1000) = (577,5+1034,3+1388,2).$$

Інший метод верифікації полягає в тому, що всі прирости елементів ТВВ під час проведення варіантних обчислень також можна описати моделлю Леонтьєва, яка буде характеризуватися збалансованістю (див. табл. 8).

Варіантні обчислення приросту доданої вартості для економіки як багатогалузевого утворення

Варіантні обчислення приросту доданої вартості (ВВП) здійснюємо за схемою варіантних обчислень приросту кінцевого споживання (ВВП), розглянутою вище. При цьому необхідно провести заміни: 1) матрицю A (див. табл. 4) замінити на матрицю C (див. табл. 6), що характеризує витрати виробництва у структурі сукупного попиту; 2) обернену матрицю Леонтьєва виду $B = (I - A)^{-1}$ (див. табл. 5) замінити на матрицю $D = (I - C)^{-1}$ (див. табл. 7), яка, по суті, також є оберненою матрицею Леонтьєва.

Такі заміни дають змогу здійснювати моделювання за схемою $Y^2 \Rightarrow X \Rightarrow Y^1$, тобто виходячи з приросту доданої вартості:

$$\Delta X = (I - C)^{-1} \Delta Y^2, \quad (5)$$

де ΔX – приріст випуску; ΔY^2 – приріст доданої вартості; $(I - C)^{-1}$ – обернена матриця Леонтьєва.

Проведемо моделювання “витрати-випуск” за схемою $Y^2 \Rightarrow X \Rightarrow Y^1$.

Розглянемо чотири варіанти приросту доданої вартості (див. Y^2 табл. 1):

$$\Delta Y_1^2 = \begin{pmatrix} 1000 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_2^2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1000 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_3^2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1000 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_4^2 = \begin{pmatrix} 1000 \\ 1000 \\ 1000 \end{pmatrix}.$$

Четвертий варіант становить суму попередніх трьох варіантів.

Використовуючи рівняння (5) і розглядаючи векторні значення приросту доданої вартості ΔY^2 , визначаємо прирости векторів випуску ΔX для кожного з чотирьох варіантів:

$$\Delta X_1 = \begin{pmatrix} 1153,5 \\ 1470,4 \\ 480,7 \end{pmatrix}, \quad \Delta X_2 = \begin{pmatrix} 19,5 \\ 1980,2 \\ 405,2 \end{pmatrix}, \quad \Delta X_3 = \begin{pmatrix} 7,5 \\ 251,7 \\ 1380,5 \end{pmatrix}, \quad \Delta X_4 = \begin{pmatrix} 1180,5 \\ 3702,2 \\ 2266,4 \end{pmatrix}.$$

На основі наведених даних визначаємо прирости кінцевого продукту як галузеві/секторальні прирости кінцевого продукту (див. ВВП¹ табл. 3):

$$\Delta Y_1^1 = \begin{pmatrix} 1066,1 \\ 176,2 \\ -242,2 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_2^1 = \begin{pmatrix} -20,2 \\ 1131,8 \\ -111,6 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_3^1 = \begin{pmatrix} -5,2 \\ -45,5 \\ 1050,8 \end{pmatrix}, \quad \Delta Y_4^1 = \begin{pmatrix} 1040,2 \\ 1262,3 \\ 696,9 \end{pmatrix}.$$

Результати обчислень за наведеною схемою для варіанта 1 відображено в табл. 9.

Продемонстрований приклад вказує, що моделювання збільшення обсягів виробництва доданої вартості одним із секторів економіки потребує врахування всього комплексу міжгалузевих зв'язків. Це допомагає оцінити додаткові обсяги випусків за секторами, проміжні витрати виробництва та ін. з метою визначення, наскільки запропонований варіант є оптимальним з точки зору співвідношення “витрати виробництва – дохід”. Це співвідношення становить більше ніж 2 до 1 ($2,1047 = 2103,7 / 1000$), що не є економічно привабливим.

Підготовка та проведення зазначених вище розрахунків (див. табл. 9) базувалося на тому, що матриця виробничих витрат (матриця A) залишається незмінною. Проте слід ураховувати, що в умовах конкуренції та технологічних удосконалень виробничі витрати також зазнають якісних змін, структурно змінюються. Тому й результати варіантних обчислень могли би бути дещо іншими.

Таблиця 9

Прирістна таблиця “витрати-випуск”, ΔY^2 . Варіант обчислень 1

	I	II	III	Σ	ВВП ¹	Випуск
I	35,7	48,3	3,5	87,4	1066,1	1153,5
II	71,2	1087,1	136,0	1294,3	176,1	1470,4
III	46,7	335,0	341,3	722,9	-242,2	480,7
Σ	153,5	1470,4	480,7	2104,7	1000,0	3104,7
ВВП ^{2,3}	1000,0	0,0	0,0	1000,0		
Випуск	1153,5	1470,4	480,7	3104,7		

Складено автором.

Прирости ТВВ щодо попереднього звітнього періоду

На змінюваність елементів ТВВ вказує таблиця приростних коефіцієнтів (табл. 10), яка характеризує наскільки номінально змінилися відповідні показники ТВВ щодо попереднього періоду. Ця таблиця також відповідає вимогам моделі “витрати-випуск” – випуски як результати виробництва й результати споживчого попиту збалансовано зросли, ВВП як додана вартість і ВВП як кінцевий попит також збалансовано зросли.

З урахуванням обсягів економіки Японії і досліджуваного проміжку часу у п'ять років можна вважати, що показники ТВВ структурно змінюються, суттєво залежать від кон'юнктури ринків та технологічних новацій в економіці тощо.

Таблиця 10

Зростання відповідних показників ТВВ
в основних цінах Японії у 2015 р. щодо 2011 р.

	I	II	III	Σ	ВВП ¹	Випуск
I	1,07559	1,04601	1,11508	1,05893	1,16399	1,07075
II	1,09951	1,02229	0,97840	1,01217	1,17585	1,06705
III	1,08153	0,85482	1,09193	1,01544	1,14028	1,09406
Σ	1,08839	0,97931	1,05737	1,01471	1,14958	1,08316
ВВП ^{2,3}	1,05202	1,26433	1,11471	1,14958		
Випуск	1,07075	1,06706	1,09406	1,08316		

Складено за: 2011 Input-Output Tables for Japan / Ministry of Internal Affairs and Communications Japan. 2016. September. P. 10. URL: https://www.soumu.go.jp/main_content/000443188.pdf.

Заключні положення

При моделюванні за схемою “витрати-випуск” перший сценарій $Y^1 \Rightarrow X \Rightarrow Y^2$ однозначно визначає формування доданої вартості та проміжних виробничих витрат. За цим сценарієм обраховують вплив кінцевих споживчих витрат – витрат кінцевих споживачів, включно з державним сектором та ін. – на випуск і обсяги виробничої діяльності за наявної виробничої технології (матриця A). Державний сектор через політику державних витрат вирішально впливає на функціонування пов'язаних із ним секторів/галузей, спроможності виконувати покладені на них функції.

Моделювання за сценарієм $Y^2 \Rightarrow X \Rightarrow Y^1$ відбувається, коли виробники, змінюючи структуру виробничих витрат (через ефективніші виробничі технології, випуск нового інноваційного продукту/послуг, зміну структури доходів (див. ВВП³ у табл. 3) та ін.), оцінює можливі обсяги споживчого попиту.

ВВП за категоріями доходу (див. ВВП³ у табл. 3) у нашому прикладі залишено поза розглядом. Хоч саме зміна структури доданої вартості, співвідношення факторних доходів, збільшення амортизаційних витрат тощо справляють визначальний вплив на якісну структуру доданої вартості й випуску.

Аналіз, здійснений щодо економіки Японії, можна і необхідно поширити на інші економічні системи. У роботі [16] наведено вихідні агреговані (трисекторні) ТВВ для економік Німеччини, Великобританії, Японії, Польщі й вихідні дані – матриці виробничих витрат (матриця А) й обернені відповідні матриці Леонтьєва. Показано інші похідні обчислення – визначення структури випуску і ВВП, класифікація секторів за їхнім впливом на економіку та ін. Цих даних достатньо для моделювання приростів ВВП за наведеною в цій роботі схемою.

Викладений вище підхід не є новим. Проте надзвичайно важливе проведення параметризації моделі для конкретного випадку (трисекторна модель Леонтьєва для економіки Японії, 2015 р.) і аналізу на її основі. Це також доречно з точки зору формування суспільства знань [29] і поширення загальноновідомих наукових ідей на облаштування циркулярної економіки й моделювання процесів її функціонування.

Такий підхід до моделювання взаємозв'язків між споживачами і виробниками може бути поширений і на спільноти, що характеризуються сильною внутрішньою (внутрішньогалузевою) залежністю. Наприклад, в агросекторі, сфері послуг, промисловості, охороні здоров'я, науковій діяльності, застосуванні інформаційно-комунікаційних технологій тощо.

На підставі викладеного доходимо таких висновків. На основі трисекторної моделі Леонтьєва для економіки Японії проаналізовано взаємодію “споживачів” та “виробників” у процесах економічного кругообігу (відтворення). Економіку розглянуто як сукупність об'єктів критичної інфраструктури (агросектор, промисловість, сфера послуг), розвиток якої моделюється на базі прямих і обернених зв'язків.

1. Проведено моделювання за двома сценаріями: а) впливу кінцевих споживчих витрат на випуск і формування доданої вартості й б) впливу зміни доданої вартості на випуск та кінцеві споживчі витрати.
2. За першим сценарієм збільшення кінцевого споживаного продукту в аграрному секторі на 1000 єн зумовлює зростання випуску в агросекторі на 1153,5 єни, у промисловості – на 594,4 єни та у сфері послуг – на 358,1 єни. При цьому загальні виробничі витрати збільшаться на 1106,0 єн; додана вартість зростає в агросекторі на 549,8 єни, у промисловості – на 216,8 єни, у сфері послуг – на 233,4 єни. Обсяги приросту випуску можна визначити лише за допомогою моделі Леонтьєва. Тому вона ще називається *модель “витрати-випуск”*.
3. За другим сценарієм збільшення доданої вартості в аграрному секторі на 1000 єн зумовлює зростання випуску в агросекторі на 1153,5 єни, у промисловості – на 1470,4 єни та у сфері послуг – на 480,7 єни. При цьо-

му загальні виробничі витрати зростають на 2104,7 єни. Варіантні розрахунки, таким чином, дають відповідь на запитання, які галузі, види економічної діяльності, виробництва порівняно вигідніше розвивати.

4. У наведені вище прирости може бути вкладена різна їхня природа – зростання інвестицій, споживчих кінцевих витрат домогосподарств, оплати праці найманих працівників та ін. Прирістна матриця для ТВВ Японії за 2011–2015 рр. свідчить, що різні елементи ТВВ зростають із різною швидкістю (економіка є “живим організмом”), проте певні агрегати зростають з однаковими темпами (випуски економіки та її секторів, вироблений кінцевий продукт і додана вартість економіки).
5. Для верифікації обчислень за варіантами сценаріїв використано *балансові методи верифікації*. Їхня суть полягає в тому, що взаємозв'язок між приростами витрат, випуску та проміжних виробничих витрат також описується моделлю Леонтьєва.
6. Такий підхід до моделювання може бути поширений на моделі більшої розмірності й великої розмірності. Трисекторна модель доволі зручна для навчально-освітніх цілей, наукових досліджень, для того щоб досягнути метод на конкретному прикладі.
7. У процесах економічного кругообігу споживачів і виробників варто розглядати як рівноцінних партнерів, чия успішна взаємодія є основою для соціально-економічного поступу спільноти, розвитку внутрішніх ринків, зростання їх капіталізації, підтримки стабільності.

Це дослідження дає можливість зробити окремі висновки, котрі частково виходять за його межі. Однією з цілей економічних реформ є якісне поліпшення структури виробничих витрат (матриця А) та зменшення їх обсягів; це можливо завдяки підтримці конкуренції та створенню механізмів зростання доданої вартості. Власне, приватизація державних підприємств, що її можна розглядати як одну з форм децентралізації, і була покликана розвинути національне виробництво, підвищити його конкурентоспроможність та продуктивність, належним чином перерозподілити доходи задля підтримки економічного зростання й стабільності.

Отже, дослідження економічного процесу розвитку національної економіки слід проводити в рамках циклів відтворення – процесів виробництва, розподілу та використання ВВП. Застосування моделі Леонтьєва уможливорює моделювання зміни в обсягах витрат і їхнього впливу на обсяги випуску, виходячи з усталеної виробничої структури економіки.

Список використаних джерел

1. ВВП vs активи, що контролюються резидентами України станом на 2020 рік. *Growford*. 2021. 7 черв. URL: <https://www.growford.org.ua/infographic/vvp-vs-aktyvy-shho-kontrolyuyutsya-rezydentamy-ukrayiny-standom-na-2020-rik/>.
2. *Студенский П.* Доход наций (теория, измерение и анализ: прошлое и настоящее) / под ред. А. Л. Вайнштейна ; пер. В. М. Кудров. Москва : Статистика, 1968. 710 с.
3. *Леонтьев В. В.* Избранные произведения : в 3 т. / науч. ред., вступ. ст. А. Г. Гранберга. Москва : Экономика, 2007. Т. 2. 543 с.
4. European system of accounts – ESA 2010 / European Commission, Eurostat. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2013. 688 p. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&code=sdg_8_10&plugin=1

pa.eu/eurostat/documents/3859598/5925693/KS-02-13-269-EN.PDF/44cd9d01-bc64-40e5-bd40-d17df0c69334.

5. Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables / European Commission. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2008. 590 p.

6. Input-Output-Tabelle der inländischen Produktion und Importe zu Herstellungsspreisen 2017 (Revision 2019) in Milliarden Euro / Statistisches Bundesamt. 2021. URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Tabellen/innlandsprodukt-input-ouptrechnung.html>.

7. Ashyrov G., Paas T., Tverdostup M. The Input-Output analysis of blue industries: comparative study of Estonia and Finland. *University of Tartu, Working Paper*. 2018. URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3176955>.

8. Національні рахунки України за 2019 рік : стат. зб. / Державна служба статистики України. Київ, 2021. URL: http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/02/Nac_rah_19.pdf.

9. Developing The Critical Infrastructure Protection System in Ukraine : monograph / S. Kondratov, D. Bobro, V. Horbulin et al. ; general editor O. Sukhodolia. Kyiv : NISS, 2017. 184 p.

10. 2015 Input-Output Tables for Japan. *Portal Site of Official Statistics of Japan*. URL: https://www.soumu.go.jp/english/dgpp_ss/data/io/io15_00001.htm.

11. Ястремський О. І. Невизначеність у схемі “витрати-випуск” : порівняльний аналіз між країнами. *Наукові праці НДФІ*. 2017. № 3. С. 21–35. URL: doi.org/10.33763/pndfi2017.03.021.

12. Ястремський О. І. Міжгалузева шахівниця невизначеності та її застосування: прогнозування, економічна політика, фінансовий ризик, загальна рівновага. *Кибернетика і системний аналіз*. 2019. № 3. С. 28–36. URL: <https://doi.org/10.1007/s10559-019-00143-6>.

13. Ястремський О. І. Порівняльний аналіз структури національних економік: Україна (2005, 2011 рр.) – Польща (2005 р.). *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2014. № 1. С. 112–119.

14. Кулик В. В. Досвід Японії: Системний аналіз та моделювання міжгалузевих зв'язків. *Фінанси України*. 2021. № 1. С. 83–102. URL: <https://doi.org/10.33763/finukr2021.01.083>.

15. Кулик В. В. Аналіз галузевої структури економік Японії та України в рамках агрегованих моделей “витрати-випуск”. *Наукові праці НДФІ*. 2020. № 3. С. 109–127. URL: <https://doi.org/10.33763/pndfi2020.03.109>.

16. Кулик В. В. Критична інфраструктура в системі виробничих і фінансово-економічних взаємозв'язків “витрати-випуск”. *Фінанси України*. 2021. № 6. С. 89–108. URL: <https://doi.org/10.33763/finukr2021.06.089>.

17. Critical infrastructure. *Wikipedia*. URL: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Critical_infrastructure.

18. Council Directive 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0114>.

19. Strategic Framework and Policy Statement on Improving the Resilience of Critical Infrastructure to Disruption from Natural Hazards / UK Cabinet Office. 2010. March 1. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/strategic-framework-and-policy-statement-on-improving-the-resilience-of-critical-infrastructure-to-disruption-from-natural-hazards>.

20. National Strategy for Critical Infrastructure Protection (CIP Strategy) / OECD. URL: <https://www.oecd.org/governance/toolkit-on-risk-governance/goodpractices/page/nationalstrategyforcriticalinfrastructureprotectioningermany.htm>.

21. Law 8/2011 on the Measures for the Protection of Critical Infrastructure 2011. URL: <https://www.global-regulation.com/translation/spain/1437394/law-8-2011%252c-28-april%252c-by-which-establish-measures-for-the-protection-of-critical-infrastructure.html>.

22. Проект Закону про критичну інфраструктуру та її захист № 5219-1 від 18.03.2021. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=71442.
23. Об'єкти критичної інфраструктури та об'єкти критичної інформаційної інфраструктури в європейських країнах / Європейський інформаційно-дослідницький центр. URL: <http://euinfocenter.rada.gov.ua/uploads/documents/29297.pdf>.
24. Таблиця витрати-випуск України за 2018 рік в основних цінах : стат. зб / Державна служба статистики України. Київ, 2020. URL: http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/05/zb_tv_v_18.pdf.
25. Макконнелл К.Р., Брю С.А. Экономика: принципы, проблемы и политика : пер. с 14-го англ. изд. Москва : ИНФРА-М, 2003. XXXVI, 972 с.
26. Мэнкью Г. Макроэкономика. Москва : Изд-во МГУ, 1994. 736 с.
27. Кенэ Ф., Тюрго А. Р. Ж., Дюпон де Мур П. С. Физиократы. Избранные экономические произведения / [предисл. П. Н. Ключин ; пер. с фр., англ., нем.]. Москва : Эксмо, 2008. 1200 с.
28. 2011 Input-Output Tables for Japan / Ministry of Internal Affairs and Communications Japan. 2016. September. URL: https://www.soumu.go.jp/main_content/000443188.pdf.
29. К обществам знания : Всемирный доклад ЮНЕСКО. Париж, 2005. 231 с.

References

1. Growford. (2021, June 7). *GDP vs assets controlled by residents of Ukraine as of 2020*. URL: <https://www.growford.org.ua/infographic/vvp-vs-aktyvy-shho-kontrolyuyutsya-rezydentamy-ukrayiny-stanom-na-2020-rik/>.
2. Studenski, P. (1968). *The Income of Nations (Theory, Measurement, and Analysis: Past and Present)*. Moscow: Statistics [in Russian].
3. Leontiev, V. V. (2007). *Selected works* (in 3 Vols.), vol. 2. Moscow: Economics [in Russian] [in Russian].
4. European Commission, & Eurostat. (2013). *European system of accounts – ESA 2010*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5925693/KS-02-13-269-EN.PDF/44cd9d01-bc64-40e5-bd40-d17df0c69334>.
5. European Commission. (2008). *Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
6. Statistisches Bundesamt. (2021). *Input-Output-Tabelle der inländischen Produktion und Importe zu Herstellungspreisen 2017 (Revision 2019) in Milliarden Euro*. Retrieved from <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Tabellen/innlandsprodukt-input-outputrechnung.html>
7. Ashyrov, G., Paas, T., & Tverdostup, M. (2018). The Input-Output analysis of blue industries: comparative study of Estonia and Finland. *University of Tartu, Working Paper*. DOI: 10.2139/ssrn.3176955.
8. State Statistics Service of Ukraine. (2021). *National accounts of Ukraine for 2019*. Kyiv. Retrieved from http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/02/Nac_rah_19.pdf [in Ukrainian].
9. Sukhodolia, O. (Ed.). (2017). *Developing The Critical Infrastructure Protection System in Ukraine*. Kyiv: NISS.
10. Portal Site of Official Statistics of Japan. (n. d.). *2015 Input-Output Tables for Japan*. Retrieved from https://www.soumu.go.jp/english/dgpp_ss/data/io/io15_00001.htm.
11. Yastremskyi, O. (2017). Uncertainty in input-output scheme: comparative inter-country analysis. *RFI Scientific Papers*, 3, 21–35. DOI: 10.33763/npndfi2017.03.021 [in Ukrainian].

12. Yastremskii, O. (2019). Interbranch Chessboard of Uncertainty and Its Applications: Forecasting, Economic Policy, Fiscal Risk, General Equilibrium. *Cybern Syst Anal.*, 55, 369–376. DOI: 10.1007/s10559-019-00143-6.
13. Yastremskyi, O. (2014). Comparative analysis of the structure of national economies: Ukraine (2005, 2011 years) – Poland (2005 year). *Foreign Trade: Economics, Finance, Law*, 1, 112–119 [in Ukrainian].
14. Kulyk, V. (2021). Japan experience: system analysis and modelling inter-industry relations. *Finance of Ukraine*, 1, 83–102. DOI: 10.33763/finukr2021.01.083 [in Ukrainian].
15. Kulyk, V. (2020). Analysis of Japan's and Ukraine's sectoral structure of the economy within the framework of the aggregated input-output models. *RFI Scientific Papers*, 3, 109–127. DOI: 10.33763/rpndf2020.03.109 [in Ukrainian].
16. Kulyk, V. (2021). Critical infrastructure in the system of production and financial and economic relations “input-output”. *Finance of Ukraine*, 6, 89–108. DOI: 10.33763/finukr2021.06.089 [in Ukrainian].
17. Wikipedia. (n. d.). *Critical infrastructure*. Retrieved from https://en.m.wikipedia.org/wiki/Critical_infrastructure.
18. EU Council. (2008, December 8). *Directive 2008/114/EC on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0114>.
19. UK Cabinet Office. (2010, March 1). *Strategic Framework and Policy Statement on Improving the Resilience of Critical Infrastructure to Disruption from Natural Hazards*. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/strategic-framework-and-policy-statement-on-improving-the-resilience-of-critical-infrastructure-to-disruption-from-natural-hazards>.
20. OECD. (n. d.). *National Strategy for Critical Infrastructure Protection (CIP Strategy)*. Retrieved from <https://www.oecd.org/governance/toolkit-on-risk-governance/goodpractices/page/nationalstrategyforcriticalinfrastructureprotectioningermany.htm>.
21. Law 8/2011 on the Measures for the Protection of Critical Infrastructure 2011. (n. d.). Retrieved from <https://www.global-regulation.com/translation/spain/1437394/law-8-2011%252c-28-april%252c-by-which-establish-measures-for-the-protection-of-critical-infrastructure.html>.
22. Verkhovna Rada of Ukraine. (2021). *About critical infrastructure* (Draft Law No. 5219, March 9). Retrieved from https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=71355 [in Ukrainian].
23. European Information and Research Center. (n. d.). *Critical infrastructure facilities and critical information infrastructure facilities in European countries*. Retrieved from <http://euinfocenter.rada.gov.ua/uploads/documents/29297.pdf> [in Ukrainian].
24. State Statistics Service of Ukraine. (2020). *Input-Output Table of Ukraine for 2018 in basic prices*. Kyiv. Retrieved from http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/05/zb_tvv_18.pdf [in Ukrainian].
25. McConnell C. R., & Brue, S. L. (2003). *Economics: principles, problems, and policies* (14th Ed.). Moscow: INFRA-M [in Russian].
26. Mankiw, G. (1994). *Macroeconomics*. Moscow: MSU Publishing House [in Russian].
27. Quesnay, F., Turgot, A. R. J., & Du Pont de Nemours, P. S. (2008). *Physiocrats. Selected economic works*. Moscow: Eksmo [in Russian].
28. Ministry of Internal Affairs and Communications Japan. (2016, September). *2011 Input-Output Tables for Japan*. Retrieved from https://www.soumu.go.jp/main_content/000443188.pdf.
29. UNESCO. (2005). *Towards Knowledge Societies* (World Report) [in Russian].