



<https://doi.org/10.15407/eip2020.02.061>

УДК 338.27

JEL: C67; C53, E 17

**Ястремський О.І.**, д-р екон. наук, професор  
головний науковий співробітник  
ДННУ "Академія фінансового управління"  
ORCID 0000-0001-9900-3612  
e-mail: yast2005@ukr.net

**Кулик В.В.**, канд. екон. наук  
старший науковий співробітник  
ДННУ "Академія фінансового управління"  
ORCID 0000-0002-2226-2795  
e-mail: volodymyr\_kulyk@ukr.net

## ВОЛАТИЛЬНІСТЬ СТРУКТУРИ МІЖГАЛУЗЕВИХ ЗВ'ЯЗКІВ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Досліджена волатильність міжгалузевих потоків економіки України протягом 2000–2017 рр. Для цього був побудований динамічний матричний ряд коефіцієнтів прямих витрат у зіставній деталізації (19 видів економічної діяльності (ВЕД)); розраховано статистичні характеристики динаміки 361 (19x19) коефіцієнтів прямих витрат міжгалузевого балансу України; проаналізована динаміка показників витратності національної економіки України (відношення ВВП до загального випуску, числа Фробеніуса – Перрона) і ВЕД (числа Брауера – Перрона).

Побудова історичної серії матриці прямих витрат у зіставній деталізації була досягнута за рахунок агрегування таблиць "витрати – випуск".

Волатильність оцінювалася за допомогою показників варіації, відносної варіації, вибіркового стандартного відхилення, стандартного відхилення, віднесеного до середнього, історичної волатильності, стандартної похибки трендів (регресії), тобто трендової волатильності.

Волатильність міжгалузевих потоків в Україні є значною. Максимальна варіація для коефіцієнтів прямих витрат для ВЕД "Інформація..." за всі роки спостереження становила 0.3144, для ВЕД "Водопостачання..." – 0.3004, ВЕД "Мистецтво..." – 0.2673.

Похідні агрегати (числа Брауера – Солоу, відносна витратність ВЕД) також волатильні. За оцінками стандартного відхилення, віднесеного до середнього, найстійкішим є агросектор, найбільш нестійким – державне управління.

*Економіка України має значний запас продуктивності. Достатня умова Брауера – Солоу продуктивності матриці прямих витрат гарантовано виконується для всіх років спостереження.*

*Серед 361 коефіцієнтів прямих витрат тренди у часі були зафіксовані для 166. Серед них 91 мають зростаючий, 65 – спадний тренд. Для фіксації наявності тренду була використана імовірність відхилення гіпотези про значущість лінійної залежності коефіцієнтів прямих витрат від часу.*

*Загальноекономічною проблемою України є висока витратність економіки. Відношення ВВП до загального випуску в Україні становить приблизно 40%. У розвинених країнах цей показник близький до 60%. Зменшення витратності є значним ресурсом економічного зростання в Україні.*

**Ключові слова:** економіка України, таблиці "витрати – випуск", міжгалузевий баланс, матриця прямих витрат, волатильність, рівень витрат видів економічної діяльності та національної економіки, числа Фробеніуса – Перрона, числа Брауера – Перрона

**Проблема, мета дослідження.** Невизначеність є фундаментальним фактором економічної політики, аналізу фіскального ризику. Інструменти оцінки наслідків економічної політики мають враховувати невизначеність. Міжгалузевий баланс (схема "витрати – випуск") є одним із таких інструментів. Одним з етапів аналізу фіскального ризику є визначення джерел вразливості, деякі з яких, зазвичай, є невизначеними.

**Метою роботи** є оцінки волатильності міжгалузевих зв'язків економіки України, що виступає одним із джерел невизначеності. Акцент аналізу – на відносній мірі міжгалузевих зв'язків (матриця прямих витрат).

**Аналіз дотичних досліджень.** Роботи видатного американського економіста В. Леонтьєва згенерували потужний напрям міжгалузевих досліджень (див. огляд [1]). Наразі Державна служба статистики України щорічно розробляє й оприлюднює таблиці "витрати – випуск"<sup>1</sup> для різної деталізації видів економічної діяльності (далі – ВЕД).

В Україні існують традиції міжгалузевих досліджень. Насамперед слід зазначити внесок академіка В. Глушкова, який запропонував альтернативу використанню моделі В. Леонтьєва, а саме систему Дисплан [2]. Проекція системи Дисплан на сучасність міститься в роботі [3]. У структурі Інституту кібернетики АН УРСР у 70-80-ті роки минулого століття функціонувала лабораторія "Методичне та інформаційне забезпечення діалогових систем планування" під керівництвом Ю. Архангельського, де здійснювалася розробка окремих матеріальних балансів для потреб планування економіки республіки [4].

<sup>1</sup> Переклад "витрати – випуск" є калькою з англійської, вдалим, на наш погляд, є український термін "міжгалузевий баланс".



У так званій "канадській" моделі України блок міжгалузевого балансу є складовою моделі прогнозування [5]. У роботі [6] розглянуто прикладну модель загальної рівноваги, яку містить міжгалузевий блок і яка використовувалася для аналізу наслідків входження України у Світову організацію торгівлі. В роботах М. Михалевича, І. Сергієнка [7] та О. Довгого [8, 9] модель міжгалузевого балансу систематично використовується для аналізу і прогнозування економіки України. В роботі Ю. Архангельського розглянуто короткострокове прогнозування обсягів випуску із застосуванням моделі "витрати – випуск" [10]. У роботі Б. Пасхавера [11] аналізуються міжгалузеві зв'язки АПК України. У роботах Г. Кудіна, В. Кудіна та А. Онищенко [12, 13] досліджується модель Леонтьєва – Форда, що спрямована на дослідження міжгалузевих взаємодій із довіллям.

У роботі [14] побудована "шахівниця" міжгалузевих потоків невизначеності між галузями США. Зроблено висновок про істотність ступенів невизначеності міжгалузевих потоків. Початковим пунктом дослідження стали розрахунки з історичної волатильності коефіцієнтів прямих витрат схеми "витрати – випуск" В. Леонтьєва. Істотна волатильність цих коефіцієнтів дає підставу вважати їх випадковими. Аналогічні дослідження були проведені для інших країн [15, 16] за спрощених припущень. Зокрема, припускалося про пропорційність стандартних відхилень коефіцієнтів випадкової матриці прямих витрат до їх сподіваних значень.

У роботах [17, 18] подано докладні огляди публікацій, в яких досліджується невизначеність і випадковість у схемах "витрати – випуск". У роботі [19] оптимізаційна міжгалузева модель узагальнена на випадок випадковості матриці прямих витрат. У роботі [20] описано розрахунки за варіантами цієї моделі з використанням прямих імовірнісних методів стохастичної оптимізації [21].

**Новизна пропонованого дослідження.** У статті вперше аналізуються волатильності міжгалузевих потоків економіки України. Для досягнення цієї мети:

- був побудований динамічний матричний ряд коефіцієнтів прямих витрат у зіставній деталізації (19 видів економічної діяльності (ВЕД));
- розраховано статистичні характеристики динаміки 361 (19x19) коефіцієнтів прямих витрат міжгалузевого балансу України.

Це дало змогу проаналізувати динаміку показників витратності національної економіки України і видів економічної діяльності, визначити їх статистичні характеристики, порівняти їх з аналогічними показниками інших країн, зробити висновки щодо ресурсу економічного зростання через зменшення витратності економіки України.

#### **Виклад основного матеріалу.**

*Інформаційна база.* Інформаційною основою дослідження стали статистичні матеріали Державної служби статистики України щодо міжгалузевих зв'язків – таблиці "витрати-випуск" в основних цінах (далі – ТВВ) [22], а також методологічні матеріали з галузевої статистики [23], статистичні матеріали міжнародних організацій [24].

Статистичні дані за 2000–2017 рр. згруповано в 19 ВЕД, згідно з класифікацією, приведеною в [23, с. 30]. У різні періоди ТВВ розроблялися в дещо різних формах представлення за особливостями: 1) агрегації галузевої статистики (2000–2011 рр. за 38 ВЕД, у 2012 р. – за 35 ВЕД, у 2013–2017 рр. – за 42 ВЕД); 2) відображення торгово-транспортної статистики у ТВВ (з виділенням окремим рядком чи ні); 3) уніфікації назв окремих ВЕД у різні часи та ін. Тому всі дані ТВВ за 2000–2017 рр. необхідно було привести до єдиного стандарту з метою порівняння даних як щодо міжгалузевих потоків, так і елементів кінцевого споживання, доданої вартості (ВВП в основних цінах) та ін. Результати агрегації перевірялися шляхом відповідності випусків в основних цінах за ресурсами і використанням для кожного ВЕД – відповідно до сумарних показників ТВВ по стовпчиках і рядках.

За основу взято стандарт агрегування даних за 2013–2017 рр. (табл. 1), де виділено 42 види діяльності, причому торгова і транспортна націнка долучені до відповідних видів економічної діяльності (відповідно G та H).

*Таблиця 1*

**Схема агрегування даних ТВВ в основних цінах за 2014–2017 рр.  
від 42 ВЕД до 19 ВЕД**

№ п/п	Код КВЕД	Поточна національна класифікація ВЕД за 42 укрупненими видами
1.	A	Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство (1. Сільське, лісове та рибне господарство)
2.	B	Добувна промисловість і розроблення кар'єрів (2. Добування кам'яного та бурого вугілля; 3. Добування сирої нафти та природного газу; 4. Добування металевих руд, інших корисних копалин та розроблення кар'єрів; надання допоміжних послуг у сфері добувної промисловості та розроблення кар'єрів)
3.	C	Переробна промисловість (5. Виробництво харчових продуктів, напоїв та тютюнових виробів; 6. Текстильне виробництво, виробництво одягу, шкіри та інших матеріалів; 7. Виробництво деревини, паперу, поліграфічна діяльність та тиражування; 8. Виробництво коксу та коксопродуктів; 9. Виробництво продуктів нафтоперероблення; 10. Виробництво хімічних речовин і хімічної продукції; 11. Виробництво основних фармацевтичних продуктів і фармацевтичних препаратів; 12. Виробництво гумових і пластмасових виробів; 13. Виробництво іншої неметалевої мінеральної продукції; 14. Металургійне виробництво; 15. Виробництво готових металевих виробів, крім машин і устаткування; 16. Виробництво комп'ютерів, електронної та оптичної продукції; 17. Виробництво електричного устаткування; 18. Виробництво машин і устаткування, не віднесених до інших угруповань; 19. Виробництво автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів; 20. Виробництво інших транспортних засобів; 21. Виробництво меблів, іншої продукції; ремонт і монтаж машин і устаткування)
4.	D	Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря (22. Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря)
5.	E	Водопостачання; каналізація, поводження з відходами (23. Водопостачання; каналізація, поводження з відходами)
6.	F	Будівництво (24. Будівництво)



7.	G	Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів (25. Оптова та роздрібна торгівля, включаючи націнку торгівлі; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів)
8.	H	Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність (26. Транспорт, включаючи націнку транспорту; складське господарство; 27. Поштова і кур'єрська діяльність)
9.	I	Тимчасове розміщування й організація харчування (28. Тимчасове розміщування й організація харчування)
10.	J	Інформація та телекомунікації (29. Видавнича діяльність; виробництво кіно- та відеофільмів, телевізійних програм, видання звукозаписів; діяльність радіомовлення та телевізійного мовлення; 30. Телекомунікації; 31. Комп'ютерне програмування, консультування та надання інформаційних послуг (електрозв'язок))
11.	K	Фінансова та страхова діяльність (32. Фінансова та страхова діяльність)
12.	L	Операції з нерухомим майном (33. Операції з нерухомим майном)
13.	M	Професійна, наукова та технічна діяльність (34. Діяльність у сферах права та бухгалтерського обліку; діяльність головних управлінь (хед-офісів); консультування з питань керування; діяльність у сферах архітектури та інжинірингу; технічні випробування та дослідження; 35. Наукові дослідження та розробки; 36. Рекламна діяльність і дослідження кон'юнктури ринку; наукова та технічна діяльність; ветеринарна діяльність)
14.	N	Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування (37. Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування)
15.	O	Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування (38. Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування)
16.	P	Освіта (39. Освіта)
17.	Q	Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги (40. Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги)
18.	R	Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок (41. Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок)
19.	S, T97	Надання інших видів послуг (частина секції T (розділ 98) не входить до міжвиробничої діяльності за Системою національних рахунків) (42. Надання інших видів послуг)

Джерело: побудовано з використанням даних [23, с. 30].

Упродовж попередніх років схема агрегування даних мала свої особливості.

2013 р. – торгова і транспортна націнки виділені окремим рядком. Тому ці статистичні дані відповідно додані до ВЕД "Торгівля" (G) та "Транспорт" (H). Аналогічним чином узагальнено дані за 2000–2012 рр.

2012 р. – ТВВ в основних цінах містить 35 ВЕД. Ряд ВЕД містять агреговані дані, що зіставні із наведеною вище класифікацією: 1. "Добувна промисловість і розроблення кар'єрів" включає ВЕД, що позначені в списку за номерами 2–4 (див. табл. 1); 2. "Виробництво коксу та продуктів нафтоперероблення" (8–9); 3. "Виробництво гумових і пластмасових виробів та іншої неметалевої мінеральної продукції" (12–13); 4. "Виробництво металів та готових металевих виробів, крім машин і устаткування" (14–15); 5. Виробництво автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів та інших транспортних засобів (19–20); 6. "Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність" (26–27).

2000–2011 рр. – ТВВ містить 38 ВЕД, класифікованих згідно з попередньою класифікацією ВЕД [25]. При приведенні статистичних даних до дев'ятнадцятигалузевої структури даних використовувались Методичні розробки Держстату [26]. Була використана схема агрегування ТВВ в основних цінах за 2000–2011 рр., аналогічна до схеми, приведеної в [26] та в табл. 1.

Загалом офіційні публікації ТВВ в основних цінах [22] надають можливість деталізованих досліджень й вивчення інших аспектів галузевого відтворення, пов'язаних з оподаткуванням і субсидіюванням, використанням імпортованих товарів у процесах виробництва та кінцевого споживання, дослідження особливостей використання продукції вітчизняного виробництва та ін.

На жаль, у 2014 р. в українську статистику було уведено поняття "тимчасово окуповані території". З використанням методу Т. Пікетті [27] в роботі А. Аслунда лише матеріальні збитки України від агресії РФ оцінювалися приблизно в 100 млрд дол. США [28]. У роботі Р. Пустовійта [29] розглянуто питання оцінювання воєнних витрат та їх впливу на національну економіку, зокрема України. Оцінка воєнних конфліктів у світі в 2014 р. становила 14,3 трлн дол. США, або 13,4% світового ВВП.

Проте порівняно з 2013 р. матриця прямих витрат не зазнала значних змін. Про це свідчать порівняння матриць  $A_{2013}$  і  $A_{2014}$ , а також деяких агрегатів їх компонент. Вони відображені далі на рис. 1, 2 та 5. Наприклад, рис. 5 свідчить про такі характеристики витратності економіки України: проміжне споживання до загального випуску в 2013 р. становило 57,17%, у 2014 р. – 57,72%; число Фробеніуса – Перрона у 2013 р. становило 0,6103, у 2014 р. – 0,6157. Зміни є, але вони незначні та непорівнювані зі змінами абсолютних величин витрат України від агресії РФ. Частково це пояснюється тим, що матриця містить відносні величини.

*Аналіз розрахунків.* Звернемося до серії матриць прямих витрат за 19 ВЕД за 2000–2017 рр. Були розраховані такі показники для кожного елемента  $a_{ij}$  та деяких їх агрегатів:

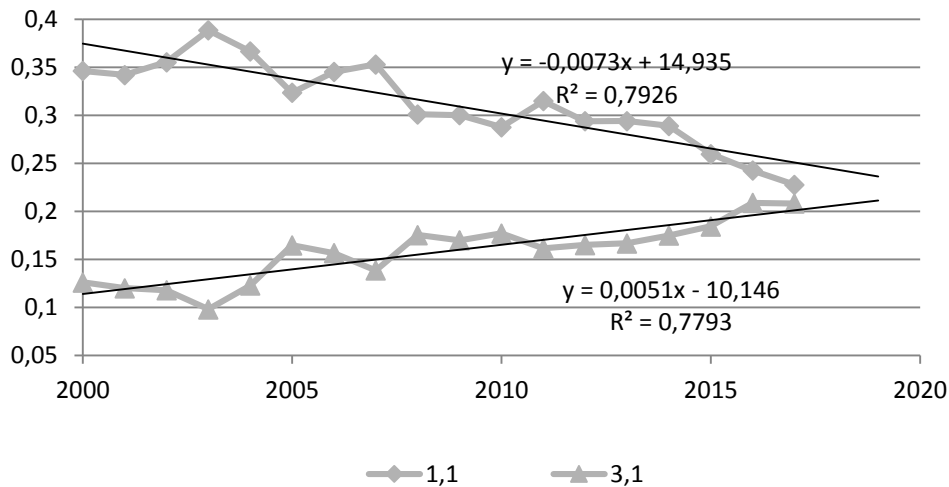
- середні ( $a$ ),
- стандартні відхилення ( $s$ ),
- коефіцієнти варіації ( $s/a$ ),
- максимальні значення за період спостереження ( $\max_t a_{ij}(t)$ ),
- мінімальні значення за період спостереження ( $\min_t a_{ij}(t)$ ),
- варіації ( $\max_t a_{ij}(t) - \min_t a_{ij}(t)$ ),
- відносні варіації,
- значущість трендів ( $F$  *significance*, імовірність відхилення гіпотези про значущість),
- коефіцієнти детермінації ( $R^2$ ),
- нахил, перетини трендів,
- прогноз на 2019 р.,
- стандартна похибка прогнозу,

– трендова волатильність та інші.

Серед 361 елементу  $a_{ij}$  тренди були зафіксовані для 166 (наявність тренду визначалася, якщо  $F \text{ significance} < 0,05$ ), серед них 91 мали зростаючий тренд, 65 – спадний. Інші елементи (195) тренду не мали.

За означенням історична волатильність для певного показника визначається, як  $S/\sqrt{T}$ , де  $s$  – вибіркове стандартне відхилення,  $T$  – період часу. Оскільки  $T$  фіксоване, то волатильність визначається через  $s$ .

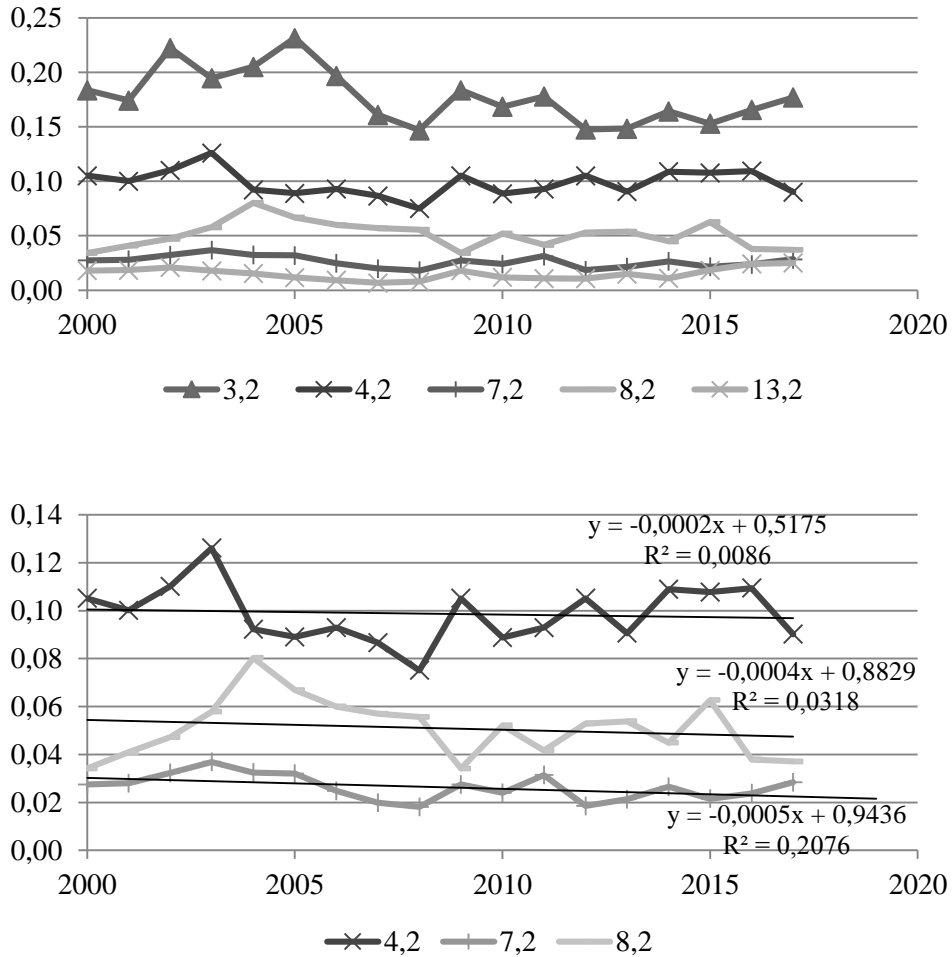
На рис. 1 та 2 відображено динаміку деяких коефіцієнтів прямих витрат.



**Рис. 1.** Динаміка коефіцієнтів з трендом ( $a_{11}$ ,  $a_{31}$ ) та їх прогноз

Джерело: побудовано авторами.

Візуальний аналіз, значення коефіцієнтів детермінації  $R^2$ , а також, результати розрахунків з оцінки часової регресії, свідчать про відсутність трендів для коефіцієнтів прямих витрат на рис. 2. Урахування трендових залежностей (рис. 1) дає змогу зменшити відносну волатильність. Тобто мірою волатильності слугує не зміна самого показники, а відхилення від тренду. Відомою практикою оцінювання історичної волатильності є використання вибіркового стандартного відхилення. Візуальний аналіз, значення коефіцієнтів детермінації  $R^2$ , а також, результати розрахунків з оцінки часової регресії, свідчать про відсутність трендів для коефіцієнтів прямих витрат на рис. 2. Урахування трендових залежностей (рис. 1) дає змогу зменшити відносну волатильність. Тобто мірою волатильності слугує не зміна самого показники, а відхилення від тренду. Відомою практикою оцінювання історичної волатильності є використання вибіркового стандартного відхилення.



**Рис. 2. Динаміка коефіцієнтів прямих витрат без тренду**

Джерело: побудовано авторами.

Тобто мірою волатильності слугує не зміна самого показника, а відхилення від тренду. Відомою практикою оцінювання історичної волатильності є використання вибіркового стандартного відхилення. Якщо використовувати цей підхід, то вибіркоче стандартне відхилення історичних спостережень коефіцієнта  $a_{11}$  становить 0,0437, у випадку врахування тренду – вибіркоче стандартне відхилення залишків часової регресії на понад удвічі менше – 0,0199. У цьому полягає сенс трендової волатильності. Фактично це поняття було запроваджене в роботі [14], але такої назви в цій роботі не отримало.

Рис. 3 відображає інформацію про коефіцієнти з найбільшими варіаціями по ВЕД.



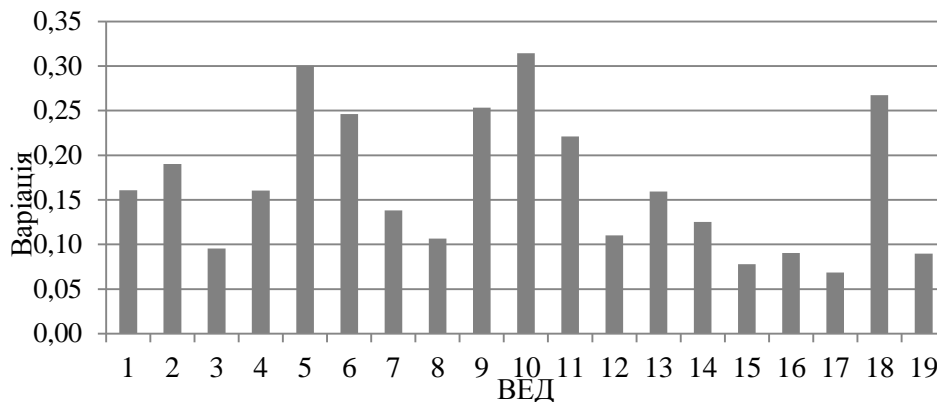


Рис. 3. Максимальні варіації коефіцієнтів прямих витрат по ВЕД за 2000–2017 рр.

Джерело: побудовано авторами.

Додаткову інформацію до рис. 3 надає табл. 2.

Таблиця 2

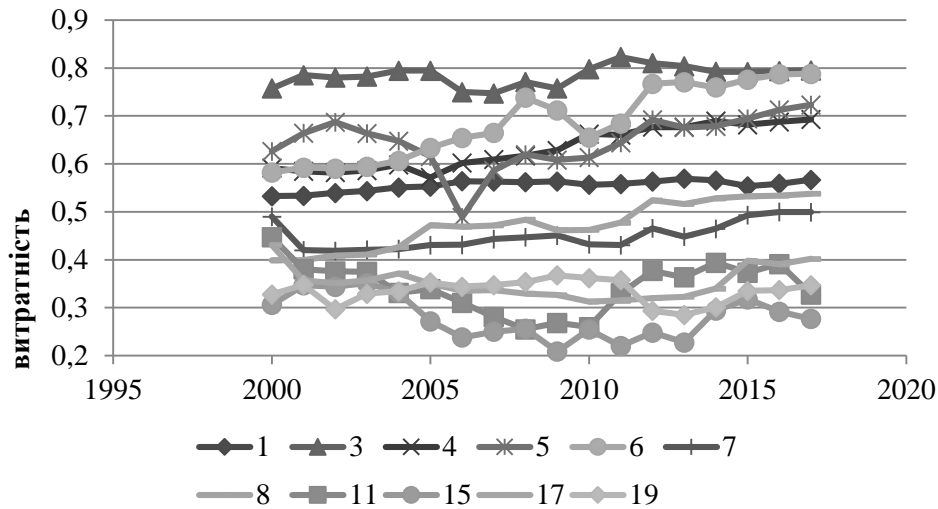
Таблиця коефіцієнтів прямих витрат з максимальною варіацією по ВЕД

ВЕД	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ко- фіці- єнт	1	2	2	2	5	6	3	3	3	10	11	3	13	3	3	3	17	18	18

Джерело: складено авторами.

У другому рядку зазначено номер  $k$  коефіцієнта  $a_{ik}$ . Перший стовпчик, для прикладу, читається таким чином: "коефіцієнт  $a_{11}$  має максимальну варіацію серед коефіцієнтів  $a_{11}, \dots, a_{19,1}$ ". Наведені дані, а також розрахунки інших показників, відображених у списку, свідчать про значну волатильність більшості коефіцієнтів прямих витрат. Поріг значущості рівня волатильності визначає унормованість коефіцієнтів прямих витрат, усі вони менші від одиниці. Крім того, меншим від одиниці є число Брауера – Солоу, тобто сума коефіцієнтів прямих витрат по стовпчику.

Аналогічні розрахунки були проведені для показників для всіх  $\sum_i a_{ij}, j = 1, \dots, 19$  (див. табл. 3). Ці показники мають принципове значення для аналізу міжгалузевих потоків. Насамперед вони характеризують рівні витратності для ВЕД; по-друге, показники  $1 - \sum_i a_{ij}$  характеризують частку доданої вартості по ВЕД; по-третє, нерівність  $\sum_i a_{ij} < 1$  для всіх  $j$  є достатньою умовою для продуктивності матриці прямих витрат  $A$  [30]. Останнє є частиною так званих достатніх умов продуктивності Брауера – Солоу. Зазначимо, що вони виконуються для міжгалузевих балансів України за всі роки і всіх рівнів деталізації. Те ж можна сказати і щодо всіх відомих авторам міжгалузевих балансів інших країн. Тому показники  $\sum_i a_{ij}$  називатимемо числами Брауера – Солоу. Їх динаміка по деяких ВЕД і по роках відображена на рис. 4. Окрім динаміки зазначених чисел, рис. 4 ілюструє також виконання достатньої умови Брауера – Солоу для всіх ВЕД і років спостереження, тобто виконання нерівності  $\sum_i a_{ij} < 1$  для всіх ВЕД.



**Рис. 4.** Динаміка рівнів витратності (чисел Брауера – Солоу) по ВЕД і роках

*Джерело:* побудовано авторами.

Згідно із розрахунками (табл. 3) найбільший рівень витратності за досліджуваний період був зафіксований для ВЕД 3 (0,8229). Це свідчить про значний запас продуктивності для економіки України. Найбільша варіація – для ВЕД 2 (0,2473), наступні позиції обіймають ВЕД 5, 18 (відповідно 0,2345, 0,2375). Трійку за рівнем історичної волатильності становлять ВЕД 2 (0,0795), 6 (0,0767), 18 (0,0647). ВЕД 2 є також третьою за рівнем відносної волатильності, першими за цим показником є ВЕД 15 та 11. Перераховані ВЕД можна віднести до найбільш нестабільних за рівнем витратності. Найстабільнішим є ВЕД 1 (сільське господарство) за показниками абсолютної та відносної волатильності, варіації та відносної варіації.

Наявність тренду у часі ( $p < 0,05$ ) була зафіксована для 11 ВЕД, з них – 7 із позитивним трендом. ВЕД 4, 6, 8, 13 мають найбільш виражений тренд у часі за показниками  $R^2$  (частка змін результуючого показника, що пояснюється змінами у часі),  $p$  (імовірність відхилення гіпотези про значущість залежності).



Таблиця 3

Статистичні характеристики чисел Брауера – Солоу ( $\sum_i a_{ij}$ ) по ВЕД за період 2000–2017 рр.

ВЕД	max за період	min за період	max-min	A	s	s/a	(max-min)/a	R <sup>2</sup>	p	Нахил тренду	Прогноз на 2019 р.
1	0.5690	0.5328	0.0362	0.5553	0.0113	2.03%	6.52%	0.5872	<b>0.0002</b>	0.0016	0.5723
2	0.6483	0.4010	0.2473	0.5092	0.0730	14.34%	47.67%	0.5300	<b>0.0006</b>	-0.0099	0.4046
3	0.8229	0.7471	0.0758	0.7848	0.0210	2.67%	9.66%	0.2063	0.0583	0.0018	0.8035
4	0.6928	0.5718	0.1211	0.6332	0.0442	6.98%	19.12%	0.8996	<b>0.0000</b>	0.0079	0.7157
5	0.7230	0.4885	0.2345	0.6467	0.0553	8.55%	36.27%	0.1814	0.0780	0.0044	0.6930
6	0.7878	0.5818	0.2059	0.6863	0.0767	11.17%	30.00%	0.8944	<b>0.0000</b>	0.0136	0.8290
7	0.4997	0.4187	0.0810	0.4504	0.0285	6.32%	17.98%	0.3957	<b>0.0052</b>	0.0034	0.4856
8	0.5376	0.3989	0.1388	0.4730	0.0488	10.31%	29.34%	0.9097	<b>0.0000</b>	0.0087	0.5645
9	0.6188	0.4869	0.1319	0.5355	0.0325	6.06%	24.64%	0.5816	<b>0.0002</b>	-0.0046	0.4868
10	0.5071	0.3443	0.1628	0.4658	0.0498	10.70%	34.94%	0.3349	<b>0.0119</b>	0.0054	0.5226
11	0.4472	0.2549	0.1922	0.3432	0.0529	15.41%	56.00%	0.0128	0.6555	-0.0011	0.3315
12	0.4263	0.2690	0.1573	0.3557	0.0541	15.20%	44.21%	0.4283	<b>0.0032</b>	-0.0066	0.2861
13	0.5060	0.3344	0.1716	0.4426	0.0559	12.63%	38.78%	0.6717	<b>0.0000</b>	0.0086	0.5326
14	0.5556	0.4393	0.1163	0.4923	0.0337	6.84%	23.62%	0.0206	0.5701	0.0009	0.5018
15	0.3511	0.2085	0.1425	0.2796	0.0454	16.25%	50.97%	0.1813	0.0781	-0.0036	0.2416
16	0.3049	0.2337	0.0712	0.2614	0.0210	8.04%	27.24%	0.1582	0.1022	0.0016	0.8290
17	0.4309	0.3126	0.1183	0.3525	0.0337	9.57%	33.56%	0.0039	0.8063	-0.0004	0.3484
18	0.5754	0.3379	0.2375	0.4502	0.0647	14.37%	52.75%	0.6658	<b>0.0000</b>	-0.0099	0.3464
19	0.3675	0.2851	0.0824	0.3343	0.0248	7.41%	24.65%	0.0076	0.7317	-0.0004	0.3300
max по ВЕД	0.8229	0.7471	0.2473	0.7848	0.0730	16.25%	56.00%	0.9097	0.8063	0.0136	0.8289
min по ВЕД	0.3049	0.2085	0.0362	0.2614	0.0113	2.03%	6.52%	0.0039	0.0000	-0.0099	0.2415

Джерело: складено авторами.

*Динаміка загальної витратності економіки України.* Вимірювання витратності національних економік може здійснюватися декількома способами. Серед них:

- відношення проміжного споживання до загального випуску;
- число Фробеніуса – Перрона.

За [30] число Фробеніуса – Перрона визначається як максимальне число  $\lambda$ , за якого  $|\lambda E - A| = 0$ . За максимального рівня агрегування обидва показника збігаються. Розрахунки за деталізованими моделями свідчать про близькість цих показників (рис. 5).



**Рис. 5. Динаміка витратності економіки України**

*Джерело:* побудовано авторами.

Впадають в очі незначні чисельні відмінності обох показників витратності по роках, істотна кореляція, відсутність трендів. Принциповим моментом є значна витратність економіки України порівняно з іншими. Наприклад, для США число Фробеніуса – Перрона у 2000 р. становило 47,69%, у 2015 р. – 44,15%. Динаміка частки ВВП у структурі випуску (обернений показник до витратності) для ряду країн приведена на рис. 6.

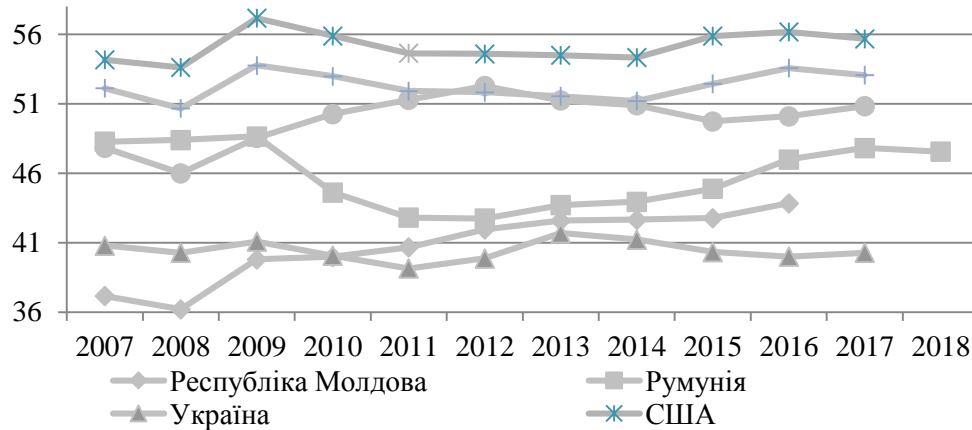


Рис. 6. ВВП (в основних цінах) у структурі випуску (в основних цінах), %  
(Випуск = 100%)

Джерело: підготовлено на основі даних [24].

### Висновки, напрями подальшого розвитку

1. Волатильність міжгалузевої структури потоків у відносному вимірі (матриця прямих витрат) може оцінюватися різними способами. Серед них: варіація, відносна варіація, вибіркоче стандартне відхилення, стандартне відхилення, віднесене до середнього, історична волатильність, стандартна похибка трендів (регресії). У статті запропоновано нове бачення волатильності, яке можна назвати трендовою волатильністю. Автори передбачають поповнення системи показників, що характеризують волатильність. Наприклад, корисною може бути історична волатильність із затухаючою пам'яттю. Цей показник приписує спостереженню вагу, що збільшується із часом. Тобто спостереження 2017 р. для розрахунку вагоміші, ніж спостереження 2000 р.
2. Розрахунки свідчать, що волатильність більшості міжгалузевих потоків у відносному вимірі (елементи матриці прямих витрат) в Україні є значною. Порогом значущості рівня волатильності є унормованість коефіцієнтів прямих витрат, усі вони менші від одиниці. Крім того, меншим від одиниці є число Брауера – Солоу, тобто сума коефіцієнтів прямих витрат по стовпчику. Наприклад, максимальна варіація для коефіцієнтів прямих витрат для ВЕД 10 за всі роки спостереження становила 0,3144, для ВЕД 5 – 0,3004, ВЕД 18 – 0,2673 (див. рис. 3, табл. 2).
3. Агрегати (числа Брауера – Солоу або відносна витратність ВЕД, тобто  $\sum_i a_{ij}$ ) також є волатильними. Якщо звернутися до стандартного відхилення, віднесеного до середнього ( $S/a$ ), то найбільше значення має ВЕД 15. Протилежністю волатильності є стійкість. Чим менше  $S/a$ , тим більша стійкість ВЕД. Найстійкішим за цим показником є ВЕД 1 (2,03%).
4. Незважаючи на волатильність чисел Брауера – Солоу, економіка України має значний запас продуктивності. Максимальне значення  $\sum_i a_{ij}(t)$  для всіх  $t = 2000, \dots, 2017; j = 1, \dots, 19$  становило 0,8229 (ВЕД 3). Тобто достатня умова

Брауера – Солоу продуктивності матриці прямих витрат гарантовано виконуватиметься для усіх років спостереження.

5. Серед 361 (19x19) коефіцієнтів  $a_{ij}$  ( $i, j = 1, \dots, 19$ ) тренди у часі були зафіксовані для 166. Серед них 91 мають зростаючий, 65 – спадний тренд. Для фіксації наявності тренду була використана імовірність відхилення гіпотези про значущість лінійної залежності  $a_{ij}(t) = m_{ij}t + n_{ij}$  (значущість F або p в табл. 3). Якщо  $p < 0,05$ , то припускалося, що тренд існує.

6. Для агрегатів Брауера – Солоу  $\sum_i a_{ij}(t)$  ( $j = 1, \dots, 19$ ) найстійкіші тренди мали ВЕД 4, 6, 8 ( $p < 0,0001$ , коефіцієнти детермінації  $R^2$  відповідно 0,8996, 0,8994, 0,9097). За критерієм  $p < 0,05$  тренди мали також ВЕД 1, 2, 7, 9, 10, 12, 13, 18. Серед агрегатів Брауера – Солоу з трендом зростаючий тренд був зафіксований для 6 ВЕД.

7. Можливі інші види трендів коефіцієнтів прямих витрат та їх агрегатів. Вибір лінійного був обумовлений простотою, читабельністю і обмеженою історією спостережень. Безсумнівно, в подальших розробках буде здійснено спробу використати інші трендові залежності.

8. Агрегування 42 ВЕД до 19 було пов'язане із необхідністю отримати динамічний ряд матриці коефіцієнтів прямих витрат за період з 2000 р. по 2017 р. Будь-яке агрегування змінює бачення схеми "витрати – випуск". Різні бачення також корисні для аналізу. Наприклад, у США розробляються таблиці "витрати – випуск" для рівнів деталізації від 17 до 402 галузей. Зазвичай агрегування зменшує волатильність (стандартні відхилення), що є наслідком закону великих чисел. Розрахунки можуть тлумачитися як нижня оцінка волатильностей. При нагромадженні бази даних з "довшою" історією для деталізованішої таблиці "витрати – випуск" можливі аналогічні розрахунки і належний порівняльний аналіз.

9. Загальноекономічною проблемою України є висока витратність економіки. Відношення проміжного споживання до загального випуску коливається приблизно від 56 до 60%. Це значно більше, ніж у розвинених країнах (див. [14, 31, 32]). За цим показником Україна також поступається Румунії та Республіці Молдова. Зменшення витратності становитиме значний ресурс економічного зростання України. Цей ресурс можливо реалізувати лише за рахунок новітніх технологій, що створюються інноваторами, яким необхідні належне інституційне середовище і фінансування.

10. Проведені розрахунки дають підстави вважати матрицю прямих витрат міжгалузевого балансу України випадковою і змогою експериментально (імітація з використанням методу Монте – Карло) визначити імовірнісний розподіл матриці за різними сценаріями [14]. Імітація випадкової матриці прямих витрат буде використана для побудови "шахівниці, мапи міжгалузевих потоків невизначеності, інформації (див. [14]), та ризику згідно з концепціями VaR, CvaR" [33].



11. Заслуговує на увагу детальніший аналіз динаміки витратності по ВЕД, зокрема, по сільському господарству (ВЕД 1), яке демонструє значно більшу стабільність показників витратності.

12. Враховуючи традиції міжгалузевих досліджень і те, що в Україні нагромаджено досвід підготовки таблиць "витрати – випуск" Держстатом, була би корисною ініціатива створення Національної доповіді "Структура економіки України".

#### *Список використаних джерел*

1. Леонтьев В. и др. Исследования структуры американской экономики. Теоретический и эмпирический анализ по схеме затраты–выпуск. Москва: Государственное статистическое издательство, 1958. 334 с.
2. Глушков В.М. Дисплан – новая технология планирования. *Управляющие системы и машины*. 1980. № 6. С. 5–10.
3. Карпец Э.П., Глушкова В.В. О возможности применения системы ДИСПЛАН для сбалансированного управления экономикой. *Кибернетика и демократическое управление экономикой* / ред. к.э.н. А.В.Кравчук. Киев: Центр социальных и трудовых исследований, 2017. С. 45–58.
4. Матвеев М.Т., Архангельский Ю.С., Рыбальченко В.П. и др. Модели автоматизированной системы плановых расчетов Госплана республики. Киев: Наукова думка, 1988. 239 с.
5. Економічне моделювання та прогнозування – Україна: посібник з побудови моделі. The Conference Board of Canada. RC/Project 439/Z11109 Commitment 221460, 2003.
6. Pavel F., Burakovsky I., Selitska N., Movchan V. Economic Impact of Ukraine's WTO Accession. First results from a Computable General Equilibrium Model. Working Paper / The Institute for Economic Research and Policy Consulting. 2004. № 43. URL: [http://www.ier.com.ua/en/publications/working\\_paper?pid=1547](http://www.ier.com.ua/en/publications/working_paper?pid=1547)
7. Михалевич М.В., Сергиенко И.В. Моделирование переходной экономики: модели, методы, информационные технологии. Киев: Наукова думка, 2005. 670 с.
8. Довгий С.О., Бідюк П.І., Трофимчук О.М. Системи підтримки прийняття рішень на основі статистично-ймовірнісних методів. Київ: Логос, 2014. 420 с.
9. Інформаційно-аналітичне супроводження бюджетного процесу : монографія / ред. С.О. Довгий, І.В. Сергієнко; НАН України, Ін-т економіки і прогнозування, Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору. Київ: Інформаційні системи, 2013. 418 с.
10. Архангельский Ю.С. Прогнозирование объемов производства на основе макроэкономических моделей и межотраслевого баланса на ближайший год. *Экономика Украины*. 1999. № 6. С. 20–31.
11. Пасхавер Б.Й. Агропродовольчий комплекс України у міжгалузевих пропорціях: стан та динаміка. *Економіка і прогнозування*. 2018. № 2. С. 151–159.
12. Кудін В.І., Онищенко А.М. Моделювання технологічних змін балансової схеми "витрати – випуск" в умовах дії Паризької угоди. *Економічний аналіз*. 2016. Т. 25. № 1. С. 37–44.

13. Кудін Г.І., Кудін В.І., Онищенко А.М. Аналіз мезоекономічної структури виробництва в умовах скорочення емісій парникових газів. VII Міжнародна школа-семинар "Теорія прийняття рішень", Ужгород, 29 вересня – 4 жовтня 2014 р. С. 274–276.
14. Ястремський О.І. Міжгалузева шахівниця невизначеності та її застосування: прогнозування, економічна політика, фінансовий ризик, загальна рівновага. *Кибернетика і системний аналіз*. 2019. Т. 55. № 3. С. 28–36.
15. Мірзоахмедов Ф., Назрізода С., Ястремський О. Оцінки невизначеності в міжгалузевому балансі Республіки Таджикистан. *Економічний простір*. 2017. № 126. С. 15–23.
16. Ястремський О.І. Невизначеність у схемі "витрати – випуск": порівняльний аналіз між країнами. *Наукові праці НДФІ*. 2017. Вип. 3. С. 21–35.
17. Gurgul H. Stochastic input-output modeling. *Ekonomia Menedzerska*. 2007. № 2. С. 57–70.
18. Temurshoev U. Uncertainty treatment in input-output analysis / Department of Economics Universidad Loyola Andalucía. URL: <http://www.loyolaandnews.es/loyolaecon/wp-content/uploads/2016/01/an--lisis-input-y-output.pdf>.
19. Ермольев Ю.М., Ястремский А.И. Стохастические модели и методы в экономическом планировании. Москва: Наука, 1979. 254 с.
20. Ястремський О.І. Моделювання економічного ризику. Київ: Либідь, 1992. 176 с.
21. Кноров Р.С., Sergienko I.V. Some scientific results of Yu. M. Ermoliev and his school in modern stochastic optimization theory. *Cybernetics and System Analysis*. 2011. Т. 47. № 6. С. 835–853.
22. Таблиця "витрати – випуск" України за 2017 рік в основних цінах: стат. зб.. Київ: Держстат України, 2019. URL: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)
23. Методологічні положення з організації державного статистичного спостереження "Таблиця "витрати – випуск" / Держстат України. URL: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)
24. National accounts statistics: Main aggregates and detailed tables, 2018. Part I–V / Department of Economic and Social Affairs Statistics Division, United Nations. New York, 2019. (ST/ESA/STAT/SER.X/61.).
25. Державний класифікатор ДК 009:2005 "Класифікація видів економічної діяльності" (КВЕД-2005). Затверджений наказом Держспоживстандарту України від 26.12.2005р. № 375 (зі змінами).
26. Класифікація видів економічної діяльності. Таблиці відповідності КВЕД-2010–КВЕД-2005. URL: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).
27. Piketty Thomas. Capital in the Twenty-First Century. Harvard University Press, 2014. 816p.
28. Åslund Anders. Kremlin aggression in Ukraine: the price tag. URL: [http://www.atlanticcouncil.org/images/publications/Cost\\_of\\_Kremlin\\_Aggression\\_web.pdf](http://www.atlanticcouncil.org/images/publications/Cost_of_Kremlin_Aggression_web.pdf)
29. Пустовіт Р.Ф. Військові витрати та їх вплив на національну економіку. *Фінанси України*. 2016. № 11. С. 79–93.





30. Nikaido H. *Convex Structures and Economic Theory*. New York, London: Academic Press, 1968. P. 405.
31. Ястремський О.І. Експертний погляд: Працювати ощадніше – ресурс економічного зростання України. *Голос Америки*. 22 лютого 2019.
32. Кулик В.В., Кудін Г.І. Прогнозування змін міжгалузевих зв'язків в моделі витрати – випуск. *Проблеми економіки*. 2018. № 3. С. 45–55.
33. Uriasiev S. *Risk Management with POE, VaR, CVaR, and bPOE. Optimization Under Uncertainty and Data-Driven Science and Engineering / Duke University*. 2017.

Надійшла до редакції 12.02.2020 р.

Прорецензовано 23.05.2020 р.

Підписано до друку 03.07.2020 р.

**Yastremsky O.**, *Doctor of Economics, Professor*  
*Chief Researcher,*  
DNNU "Academy of Financial Management"  
ORCID 0000-0001-9900-3612  
e-mail: yast2005@ukr.net

**Kulyk V.**, *Ph.D.*  
*Senior Researcher,*  
DNNU "Academy of Financial Management"  
ORCID 0000-0002-2226-2795  
e-mail: volodymyr\_kulyk@ukr.net

## VOLATILITY OF THE STRUCTURE OF INTERSECTORAL RELATIONS OF UKRAINE'S ECONOMY

*The article deals with the volatility of intersectoral flows in Ukrainian economy during 2000–2017. For this purpose, the authors construct a dynamic matrix series of direct cost coefficients in comparable detail (19 economic activities (EAs)); calculate statistical characteristics of 361 dynamics (19x19) and coefficients of direct expenses of Ukraine's intersectoral balance; and analyze the dynamics of cost indicators of Ukraine's economy (the ratio of GDP to total output, the Frobenius – Perron numbers) and those of economic activities (the Brauer – Perron numbers).*

*Construction of the historical series of the matrix of direct costs in comparable detail is achieved by aggregating the "input - output" tables.*

*Volatility is assessed using indicators of variation, relative variation, sample standard deviation, standard deviation per mean, historical volatility, and standard trend error (regression), i.e. trend volatility.*

*Volatility of intersectoral flows in Ukraine is significant. The maximum variation for the coefficients of direct costs for EA "Information ..." for all years of observation was 0.3144, for EA "Water Supply" - 0.3004, and for EA "Art" - 0.2673.*

*Derivative aggregates (Brauer-Solow numbers, relative EA cost) are also volatile. According to estimates of the standard deviation, the agrosector is the most stable, the most unstable - public administration.*

*Economy Ukraine has a significant margin of productivity. A sufficient Brauer-Solow condition for the productivity of the direct cost matrix is guaranteed to be satisfied for all years of observation.*

*Out of 361 coefficients of direct costs, time trends are recorded for 166. Among them, 91 have an upward trend, 65 - a downward trend. To fix the presence of the trend, the authors use the probability of deviation of the hypothesis about the significance of the linear dependence of the coefficients of direct costs on time.*

*The high cost intensity of the economy is a general economic problem of Ukraine. The ratio of GDP to total output in Ukraine is about 40%, while in developed countries, this figure is close to 60%. Reducing costs is a significant resource for economic growth in Ukraine.*

**Keywords:** *economy of Ukraine, "input - output" tables, intersectoral balance, matrix of direct costs, volatility, the level of costs of economic activities and the national economy, Frobenius - Perron numbers, Brauer - Perron numbers*

#### References

1. Leontief, W. et al (1958). Studies of the structure of the American economy. Theoretical and empirical analysis of the input-output scheme. Moscow: State Statistical Publishing House [in Russian].
2. Glushkov, V.M. (1980). Dysplan is a new planning technology. *Upravljajushie sistemy i mashiny – Control systems and machines*, 6, 5-10 [in Russian].
3. Karpec, Je.P., Glushkova, V.V. (2017). On the possibility of using the DISPLAN system for balanced management of the economy. In Kravchuk A.V. (ed.) *Cybernetics and democratic economic governance* (p. 45-58). Kiev: Center for Social and Labor Studies [in Russian].
4. Matveev, M.T., Arhangel'skij, Ju.S., Rybal'chenko, V.P. et al (1988). Models of the automated system of planned calculations of Gosplan of the republic. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
5. Economic modeling and forecasting - Ukraine: a guide to building a model (n.d.). The Conference Board of Canada. RC/Project 439/Z11109 Commitment 221460 – 2003 [in Ukrainian].
6. Pavel, F., Burakovsky, I., Selitska, N., Movchan, V. (2004). Economic Impact of Ukraine's WTO Accession. First results from a Computable General Equilibrium Model. *The Institute for Economic Research and Policy Consulting Working Paper*, 43. Retrieved from [http://www.ier.com.ua/en/publications/working\\_paper?pid=1547](http://www.ier.com.ua/en/publications/working_paper?pid=1547)
7. Mihalevich, M.V., Sergienko, I.V. (2005). Modeling of transition economy: models, methods, information technologies. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
8. Dovhyj, S.O., Bidiuk, P.I., Trofymchuk, O.M. (2014). Decision support systems based on statistical-probabilistic methods. Kyiv: Lohos [in Ukrainian].
9. Information and analytical support of the budget process (2013). NAS of Ukraine, Institute for Economics and Forecasting, V.M. Glushkov Institute of Cybernetics, Institute of Telecommunications and Global Information Space. Kyiv: Informatsijni systemy [in Ukrainian].
10. Arhangel'skij, Ju.S. (1999). Forecasting production volumes based on mac-roeconomic models and intersectoral balance for the coming year. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*, 6, 20-31 [in Ukrainian].
11. Paskhaver, B.J. (2018). Agro-food complex of Ukraine in intersectoral proportions: state and dynamics. *Ekonomika Ukrainy – Economy and forecasting*, 2, 151-159 [in Ukrainian].



12. Kudin, V.I., Onyshchenko, A.M. (2016). Modelling of technological changes in "input-output" balance model in terms of the Paris agreement. *Ekonomichnyj analiz – Economic analysis*, 25: 1, 37-44 [in Ukrainian].
13. Kudin, G.I., Kudin, V.I., Onyshchenko, A.M. (2014). Analysis of the mesoeconomic structure of production in terms of reducing greenhouse gas emissions. VII International School-Seminar "Decision Theory" (September 29 - October 4, 2014). Uzhhorod [in Ukrainian].
14. Yastremskii, O.I. (2019). Input-output chessboard of uncertainty and its application: forecasting, economic policy, fiscal risk, general equilibrium. *Kibernetyka i systemnyj analiz – Cybernetics and systems analysis*, 55: 3, 28-36 [in Ukrainian].
15. Mirzoakhmedov, F., Nazrizoda, S., Yastremskii, O. (2017). Uncertainty estimations in input-output scheme of Republic of Tajikistan. *Ekonomichnyj prostir – Economic space*, 126, 15-23 [in Ukrainian].
16. Yastremskii, O.I. (2017). Uncertainty in input-output scheme: comparative inter-country analysis. *Naukovi pratsi NDFI – RFI Scientific Paper*, 3, 21-35 [in Ukrainian].
17. Gurgul, H. (2007). Stochastic input-output modeling. *Ekonomia Menedzerska*, 2, 57-70.
18. Temurshoev, U. Uncertainty treatment in input-output analysis. Department of Economics Universidad Loyola Andalucía. Retrieved from <http://www.loyolaandnews.es/loyolaecon/wp-content/uploads/2016/01/an--lisis-input-y-output.pdf>
19. Ermol'ev, Ju.M., Jastremskij, A.I. (1979). Stochastic models and methods in economic planning. Moscow: Nauka [in Russian].
20. Yastremskii, O.I. (1992). Economic risk modeling. Kyiv: Lybid' [in Ukrainian].
21. Knopov, P.S., Sergienko, I.V. (2011). On scientific results of Yu.M. Ermoliev and his school in the modern stochastic optimization theory. *Cybernetics and System Analysis*, 47: 6, 835-853.
22. Table "input - output" of Ukraine for 2017 in basic prices (2019). State Statistics Service of Ukraine. Kyiv. Retrieved from [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua) [in Ukrainian].
23. Methodological provisions for the organization of state statistical observation Table "input - output". State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua) [in Ukrainian].
24. United Nations (2019). National accounts statistics: Main aggregates and detailed tables, 2018. Part I–V. (ST/ESA/STAT/SER.X/61). Department of Economic and Social Affairs Statistics Division. New York.
25. State classifier DK 009: 2005 "Classification of economic activities" (NACE- 2005). Approved by the order of Derzhspozhyvstandart of Ukraine dated December 26, 2005. № 375 (as amended). Retrieved from [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/FIN19567.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN19567.html) [in Ukrainian].
26. Classification of economic activities. Correspondence tables of NACE-2010 – NACE-2005. Retrieved from [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua) [in Ukrainian].
27. Piketty, Thomas (2014). Capital in the Twenty-First Century. Harvard University Press.
28. Åslund, Anders. Kremlin aggression in Ukraine: the price tag. Retrieved from [http://www.atlanticcouncil.org/images/publications/Cost\\_of\\_Kremlin\\_Aggression\\_web.pdf](http://www.atlanticcouncil.org/images/publications/Cost_of_Kremlin_Aggression_web.pdf)
29. Pustoviit, R.F. (2016). Military expenditure and its impact on the domestic economy. *Finansy Ukrainy – Finance of Ukraine*, 11, 79-93 [in Ukrainian].
30. Nikaido, H. (1968). Convex Structures and Economic Theory. New York, London: Academic Press.
31. Yastremskii, O.I. (2019, February 22). Expert opinion: Working more sparingly is a resource for Ukraine's economic growth. *Voice of America* [in Ukrainian].
32. Kulyk, V.V., Kudin, G.I. (2018). Forecasting changes in intrabranh ties in the input-output model. *Problemy ekonomiky – Problems of the economy*, 3, 45-55 [in Ukrainian].
33. Uriasiev, S. (2017). Risk Management with POE, VaR, CVaR, and bPOE. Optimization Under Uncertainty and Data-Driven Science and Engineering. Duke University.