

УДК 339.5:330.115.3:330.43(477:438)
JEL: C15; C54; C61; C69
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-5-184-190>

МОДЕЛЮВАННЯ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА УКРАЇНИ ТА ПОЛЬЩІ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАВІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

©2025 ДАНЬКО Н. І., ІЗМАЙЛОВ О. І.

УДК 339.5:330.115.3:330.43(477:438)
JEL: C15; C54; C61; C69

Данько Н. І., Ізмайлов О. І. Моделювання торговельно-економічного співробітництва України та Польщі за допомогою гравітаційної моделі

Важливим аспектом статті стало вивчення та розуміння значущості гравітаційного методу, що використовується в економіці задля прогнозування векторів змін у випадках змін початкових даних. Аналізуючи та систематизуючи наукові праці закордонних і вітчизняних учених, було проведено емпіричний аналіз у порівнянні сталої моделі гравітаційного методу та розширеної моделі, що використовує чинник конфлікту. Важливою складовою у використанні гравітаційної моделі є аналіз початкових даних і вибір самої моделі – задля ефективнішого та кращого аналізу поточного стану товарообігу між країнами-партнерами. Невід’ємним аспектом для аналізу та впровадження у класичне гравітаційне модулювання стало впровадження чинника конфлікту – задля детальнішого та якіснішого аналізу отриманих результатів. Було розраховано та порівняно результати двох варіацій гравітаційної моделі, а також подальше їх порівняння задля отримання наглядного результату в розбіжності даних при використанні чинника конфлікту. Як було встановлено, даний чинник відіграє значну роль у побудові та аналізі гравітаційної моделі – за допомогою конкретизації та додавання ризиків у процесі аналізу торговельного обороту між країнами. Спираючись на розрахунки даного дослідження, можна констатувати повну протилежність β -коефіцієнтів при розрахунку однакових гравітаційних моделей. Класична модель розрахунків містить у собі сталу статистичну інформацію та допомагає краще проаналізувати стан економічних відносин у спокійному середовищі. У розширеній моделі додавалась додаткова перемінна, що значно змінила остаточний вигляд розрахунків і зробила їх логічнішими та точнішими, ніж розрахунки у класичній моделі. Додавання фактора конфлікту може напряму змінити розуміння гравітаційної моделі та дозволити її використання задля обчислення чинників війни, санкцій, епідемій та катастроф. Висновки даного дослідження можуть в майбутньому використовуватися для аналізу та розробки стратегій післявоєнної відбудови економічної діяльності та векторів її розвитку в умовах європейської інтеграції України.

Ключові слова: гравітаційна модель, імпорт, експорт, конфлікт, ВВП.

Табл.: 4. Формул.: 2. Бібл.: 11.

Данько Наталія Іванівна – кандидат економічних наук, доцент, завідувачка кафедри готельно-ресторанного бізнесу та харчових технологій, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (майдан Свободи, 4, Харків, 61022, Україна)

E-mail: n.danko@karazin.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2977-6641>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57212651876>

Ізмайлов Олександр Ільдарович – аспірант кафедри міжнародних економічних відносин та логістики, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (майдан Свободи, 4, Харків, 61022, Україна)

E-mail: oleksandr.izmailov@student.karazin.ua

UDC 339.5:330.115.3:330.43(477:438)
JEL: C15; C54; C61; C69

Danko N. I., Izmailov O. I. Modeling the Trade and Economic Cooperation between Ukraine and Poland Using the Gravitational Model

An important aspect of the article was the study and understanding of the significance of the gravitational method, which is used in economics to predict vectors of change in cases of changes in initial data. By analyzing and systematizing the scientific works of foreign and domestic scholars, empirical analysis was conducted comparing the consistent model of the gravitational method and an extended model that incorporates the conflict factor. A crucial component in the use of the gravitational model is the analysis of initial data and the choice of the model itself – for a more efficient and better analysis of the current state of trade between partner countries. An integral aspect of the analysis and implementation in classical gravitational modeling was the introduction of the conflict factor – for a more detailed and qualitative analysis of the obtained results. The results of two variations of the gravitational model were computed and compared, along with a further comparison to obtain a clear result regarding the discrepancies in data when using the conflict factor. It was determined that this factor plays a significant role in the construction and analysis of the gravitational model – through the specification and addition of risks in the process of analyzing trade turnover between countries. Based on the calculations of this study, it can be stated that there is a complete opposition of the β -coefficients when calculating similar gravitational models. The classical model of calculations contains stable statistical information and helps to analyze the state of economic relations in a calm environment more effectively. The extended model included an additional variable, which significantly changed the final structure of the calculations and made them more logical and accurate than those of the classical model. The addition of the conflict factor can directly change the understanding of the gravitational model and allow its use for computing the factors of war, sanctions, epidemics, and disasters. The conclusions of this study may be used in the future for analyzing and developing strategies for the post-war reconstruction of economic activity and the directions of its development in the context of Ukraine's European integration.

Keywords: gravitational model, imports, exports, conflict, GDP.

Tabl.: 4. Formulae: 2. Bibl.: 11.

Danko Natalia I. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Head of the Department of Hotel and Restaurant Business and Food Technologies, V. N. Karazin Kharkiv National University (4 Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine)

E-mail: n.danko@karazin.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2977-6641>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57212651876>

Izmailov Oleksandr I. – Postgraduate Student of the Department of International Economic Relations and Logistics, V. N. Karazin Kharkiv National University (4 Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine)

E-mail: oleksandr.izmailov@student.karazin.ua

Задля формування стратегії ефективної зовнішньоторговельної політики держави необхідно застосовувати сучасні інструменти задля математичного обчислення торгових партнерів та товарів. Одним із найефективніших інструментів задля проведення аналізу на високому рівні адекватності та якісного прогнозування умов та тенденцій зовнішньої торгівлі є гравітаційна модель. Висока емпірична точність гравітаційної моделі зумовлює її активне використання та розповсюдження в процесі аналізу експортних та імпорتنних операцій різних суб'єктів міжнародної торгівлі. Саме побудова та адаптація гравітаційної моделі до контексту конкретних умов в яких може знаходитись країна може сприяти до поглиблення розуміння потенційних векторів розвитку у співпраці з країною-партнером або групою країн. Також правильно побудована та розрахована гравітаційна модель, може надати доступ до системи механізмів та обмежень у зовнішньоекономічній діяльності, та визначити чинники, що впливають на обсяги торговельного обороту та маршрутизацію торговельних потоків.

Стаття розглядає, яких змін можуть зазнати торговельно-економічні відносини України та Польщі за методом використання різних перемінних у гравітаційному моделюванні використовуючи різні перемінні.

Метою статті є визначення існуючих гравітаційних чинників впливу та торговельно-економічні зв'язки України та Польщі, та розробка пропозиції додаткових чинників впливу, таких як геополітична нестабільність, тощо.

Вперше гравітаційне рівняння було зображено, розроблено, формалізовано та емпірично обґрунтоване Я. Тінбергеном [11]. З тих пір велика кількість іноземних науковців доробляли та додавали чинники, що можуть впливати на побудову та адекватний результат тієї чи іншої гравітаційної моделі. Найбільш розповсюдженими є розробки Х. Ліннемана [9], Дж. Маккалума [10], Дж. Андерсона та Е. ван Вінкупа [7], С. Байера та Дж. Бергстранда [8]. Саме на основі західних гравітаційних моделей українські науковці розробили власні теорії та формули для використання в різних умовах і контекстах, а саме: Гончаренко Н. І. [2], Новікова М. В., Ткачук Н. Ю. [3], Слабоспицька О. Ю. [4].

Саме процес розширення варіацій та змінних у гравітаційній моделі доводить про актуальність і тенденції в її розвитку, особливо в час геополітичних коливань. Розвиток дослідження та застосування різних гравітаційних моделей напряду впливає на економічну ефективність певної країни, а в цілому – на загальносвітову торговельну систему.

Республіка Польща та Україна є великими торговельними партнерами: на 2024 рік загальний товарообіг між Україною та Польщею становить 11696,96 млн дол., що робить Польщу найбільшим торговельним партнером у світі та серед країн ЄС [5].

У межах даного дослідження ми ставимо за мету застосувати гравітаційний підхід задля аналізу двосторонніх торговельних відносин між Україною та Польщею. Основною метою є аналіз та емпірична оцінка факторів, що мають вплив на обсяги експорту та імпорту між зазначеними країнами, з урахуванням фактору економічної маси, географічної відстані та інших релевантних чинників.

Гравітаційна модель, що використовується в даному дослідженні, є розширеною версією класичної моделі Тінбергена [11] з урахуванням рекомендацій Андерсона та ван Вінкупа [7], а також емпіричних підходів сучасної міжнародної торгівлі. Вона побудована з урахуванням як традиційних змінних (ВВП, відстань), так і додаткових чинників, які відображають реалії українсько-польського економічного співробітництва: географічну близькість, інституційну інтеграцію та членство в регіональних об'єднаннях.

Модель має логарифмічну форму, що дозволяє інтерпретувати коефіцієнти як еластичності, тобто у відсотковому вираженні впливу незалежних змінних на залежну.

$$\ln T_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{jt} + \beta_3 \ln Distance_{ij} + \beta_4 \ln Border_{ij} + \alpha_i + \alpha_j + \delta_t + \varepsilon_{ijt},$$

де T_{ijt} – обсяг експорту або імпорту між Україною та Польщею в рік t ;

GDP_{it}, GDP_{jt} – ВВП країн i та j ;

$Distance_{ij}$ – географічна відстань між Києвом і Варшавою (або економічними центрами);

$Border_{ij}$ – дихотомічна змінна: 1 – наявність спільного кордону, 0 – відсутність;

α_i, α_j – фіксовані ефекти країн;

δ_t – фіксовані часові ефекти;

ε_{ijt} – випадкова похибка.

Інтерпретація коефіцієнтів:

$\beta_1, \beta_2 > 0$ – очікується позитивний вплив ВВП країн на обсяг торгівлі (ефект масштабу);

$\beta_3 < 0$ – відстань зменшує торгівлю через транспортні витрати та інформаційні бар'єри;

$\beta_4 > 0$ – наявність спільного кордону стимулює торгівлю (географічна та культурна близькість).

Отже, для правильності розрахунків нам потрібні такі змінні: ВВП обох країн; обсяги експорту та імпорту; географічна відстань між столицями та

низка інших чинників. Задля отримання надійного результату варто звернутись до державних статистичних агенцій, а саме – до Держстату (у випадку України) та даних Польської статистичної агенції.

Важливим аспектом для розрахунку гравітаційної моделі є фактор часу, тому ми пропонуємо взяти період із 2020 р. по 2023 р. Саме за допомогою динаміки та порівняння років ми матимемо змогу добитися більш точного результату.

Щодо показників, через обмеженість даних ми будемо використовувати показники 2023 р. ВВП України у 2023 р. становив 6627961 млн грн, що приблизно, за середнім валютним курсом 2023 р., становить 177825 млн дол. У 2022 р. ВВП України становив приблизно 161438 млн дол., у 2021 р. – 200352 млн дол. а у 2020 р. – 156408 млн дол. США. Дані розрахунки ВВП України зображено в *табл. 1*. Наявні коливання у ВВП пояснюються такими чинниками, як епідемія COVID-19 у 2020 р., потім поступовим відновленням економіки у 2021 р., а потім початком повномасштабних бойових дій, що призвели до значної втрати українського ВВП.

Таблиця 1

Розрахунок ВВП України

Рік	ВВП України, млн грн	Середньорічний курс UAH/USD	ВВП України, млн дол. США
2020	4 194 102	0,0372	156 408
2021	5 459 574	0,0367	200 352
2022	5 191 028	0,0311	161 438
2023	6 537 825	0,0272	177 825

Джерело: складено за [1].

У той самий час ВВП Республіки Польща на момент 2023 р., за даними польської статистичної служби, становив 809 200 млн дол. США, що в 4,49 разів більше, ніж ВВП України. У 2022 р. ВВП Польщі становив 695600 млн дол., у 2021 р. – 689 200 млн дол. і 605 900 у 2020 р. [6]. Такі різкі зміни у ВВП Республіки Польщі пояснюються такими ж чинниками, що і в Україні, але стрімке зростання ВВП у 2023 р. можна пояснити великою хвилею міграції та переміщенням певних підприємств з території України.

Торговельні зв'язки обох країн, згідно зі статистичною інформацією, у 2023 р. становили таке: Україна експортувала товарів до Польщі на загальну суму 4755,38 млн дол., а сума імпорту польських товарів складала 6577,75 млн дол. У 2022 р. показники були іншими. Таким чином, експорт товарів з України до Польщі склав 6653,02 млн дол., а імпорт

польських товарів становив 5491,36 млн дол. Показники 2021 р. говорять про експорт українських товарів на суму 5227,41 млн дол., а імпорт з Польщі становив 4962,50 млн дол. У 2020 р. експорт з України становив 3272,68 млн дол., а імпорт – 4140,91 млн дол. [5].

Отже, провівши аналіз еластичності логарифмічної моделі, можемо дійти висновків, зазначених у *табл. 2*, що вказують нам на динаміку змін і тенденцій на 1%.

Таблиця 2

Показники β -коефіцієнта у гравітаційній моделі

Змінна	Коефіцієнт β
$\ln GDP_{it}$	-0,13
$\ln GDP_{jt}$	+1,49
$\ln Distance_{ij}$	-1,30
$Border_{ij}$	-0,196

Джерело: авторська розробка.

Таким чином, проаналізувавши β -коефіцієнт, ми можемо прийти до таких висновків:

✦ GDP_{it} – це показник зміни розмірів ВВП України. Виходячи з цих розрахунків, β -коефіцієнт є від'ємним, що нетипово для гравітаційних моделей, але пояснюється викликами, що постали перед Україною у 2020–2023 рр., а саме: епідемія та війна, що призводить до деформування економіки, тобто зменшення експорту, падіння ВВП, збільшення внутрішнього споживання товарів, збільшення військових витрат бюджету. Відштовхуючись від β -коефіцієнта, можемо дійти висновку, що зростання ВВП України на 1% призведе до зниження торговельного обороту з Польщею на 0,13%, що пояснюється факторами, зазначеними вище;

✦ GDP_{jt} – цей показник вказує на зміни розмірів польського ВВП і говорить нам про те, що збільшення польського ВВП на 1% приведе до зростання обсягів торгівлі з Україною на 1,49%, що цілком узгоджується з теорією гравітаційної моделі, де більша економіка завжди споживає більше імпортованих товарів та виступає інвестиційним і виробничим кластером. Судячи з цього показника, Польща дедалі більше відіграє роль головного економічного партнера України та транзитного хабу між українськими товарами та ринком ЄС.

✦ $\ln Distance_{ij}$ – це показник очікуваного логістичного бар'єру, який використовує відстань від країни i до країни j . Також цей показник допомагає зрозуміти складність логістичних маршрутів – за принципом «чим далі, тим дорожче». Еластичність коефіцієнта β у даному випадку вказує нам на -1,30, що призведе до зменшення обсягів торгівлі

на 1,3%. У випадку України та Польщі даний коефіцієнт має стає значення, але враховується як фактор збільшення вартості.

✦ $Border_{ij}$ – виступає парадоксальним результатом, бо теоретично очікується $\beta > 0$, адже наявний сталий спільний кордон, що полегшує ведення торговельних відносин. І якщо спільний кордон між Україною та Польщею є завжди, модель не бачить негативних або позитивних чинників у цій складовій.

Отже, аналізуючи динаміку торговельних відносин України та Польщі, ми можемо дійти висновків, що статистичні показники змінювалися залежно від геополітичних викликів, що ставали на європейському континенті. Економіки обох країн стали залежними до цих викликів, що дозволяє продовжувати та поглиблювати інтеграційні процеси між двома країнами.

Наступний показник – це географічна віддаленість між Україною та Польщею (ми пропонуємо робити виміри від столиць обох держав, ця відстань становить 774 км). Саме відстань від столиць, на нашу думку, є значущим показником, бо через велику кількість економічних зон і кластерів ми матимемо змогу розробити більш точну модель взаємодії областей України з воєводствами Польщі.

Також, задля порівняння, ми пропонуємо розглянути доповнену гравітаційну модель з урахуванням чинника конфліктів та подивитись, як зміняться наші показники.

$$\ln T_{ij} = \alpha + \beta_1 \ln GDP_i + \beta_2 \ln GDP_j - \beta_3 D_{ij} + \gamma_1 Border_{ij} + \gamma_2 Language_{ij} + \gamma_3 FTA_{ij} + \gamma_4 Conflict_{ij} + \varepsilon.$$

Розшифровка запропонованої моделі:

$\ln T_{ij}$ – логарифм обсягу торгівлі між країнами i та j ;

GDP_i, GDP_j – логарифм ВВП країн i та j ;

D_{ij} – географічна відстань між країнами;

$Border_{ij}$ – змінна спільного кордону;

$Language_{ij}$ – змінна спільної мови;

FTA_{ij} – наявність зони вільної торгівлі;

$Conflict_{ij}$ – наявність військового конфлікту;

ε – похибка.

Аналізуючи дану модель, необхідно зібрати вхідні дані задля її розробки. Ці дані зібрано в табл. 3.

Виходячи з вищенаведених вихідних даних, ми маємо змогу побудувати гравітаційну модель, що описує торговельно-економічні відносини України та Польщі в умовах участі однієї зі сторін у конфлікті. Ці розрахунки зображено в табл. 4.

Таким чином, проаналізувавши β -коефіцієнти, отримані в результаті наших розрахунків, ми можемо прийти до такого висновку:

- ✦ GDP_i – має позитивне значення β -коефіцієнта, що вказує нам на ситуацію, що в разі збільшення ВВП України на 1% торговельний товарообіг з Польщею зростає на 2,28%, що абсолютно закономірно, бо Республіка Польща наразі є найбільшим торговельним партнером України і транзитною зоною для українських товарів;
- ✦ $\ln GDP_j$ – натомість показує від'ємний коефіцієнт, що свідчить нам про те, що в разі зростання польського ВВП на 1% загальний товарообіг з Україною впаде на 1,91%. Але така аномалія може бути пояснена показниками наявності конфлікту у 2022–2023 рр., бо з початком повномасштабної війни саме Польща надала велику кількість гуманітарної допомоги, прихистила біженців, тощо. І саме ці чинники могли деформувати торговельні потоки, що зараз ми маємо змогу побачити на запропонованих розрахунках;
- ✦ $Distance$ – є від'ємним, бо логічно пояснює зміну товарообороту між країнами в разі збільшення інфраструктурних ланцюгів;
- ✦ $Conflict$ – найцікавішим є індекс конфлікту, бо він має позитивне значення у +0,69, що можна зрозуміти як у випадку активізації конфлікту, так і за наявності спільного кордону України та Польщі, буде збільшений товарообіг через наземну інфраструктуру.

Таким чином, на нашу думку, запропонована модель гравітаційного аналізу більш усього відповідає доцільності дослідження, бо в ній є коефіцієнти спільного кордону, митної політики. Саме такий розрахунок дає нам змогу виявити традиційні економічні ефекти, такі як ефект масштабу, логістичних витрат, інтеграційні процеси двох економік, тощо.

Гравітаційна модель міжнародної торгівлі є одним з найпоширеніших і найякісніших інструментів для аналізу торговельно-економічних відносин між країнами-партнерами. Основною її перевагою є те, що гравітаційна модель базується на законі всесвітнього тяжіння, який описує силу взаємодії між об'єктами, що пропорційна їхній масі. У випадку гравітаційної моделі в економіці масою виступає показник ВВП. У міжнародній економіці така модель допомагає оцінити потенціал співпраці та вплив зовнішніх чинників, що можуть вносити свої корективи.

Аналіз гравітаційної моделі взаємовідносин у галузі економіки між Україною та Польщею є вкрай важливим, бо для української економіки Польща є найбільшим торговельним партнером. Також вкрай важливим фактором була оцінка змінної

Таблиця 3

Вихідні дані для розробки гравітаційної моделі

Рік	ВВП України (млн дол.)	ВВП Польщі (млн дол.)	Експорт з України до Польщі (млн дол.)	Імпорт з Польщі в Україну (млн дол.)	Обсяг торгівлі (млн дол.)	lnTij	lnGDPi	lnGDPj	lnDistance	Border	Language	FTA	Conflict
2020	156408,0	605900,0	3272,68	4140,91	7413,59	2633 977,00	2813404,00	13,3145	1319043,00	1,0	0,0	1,0	0,0
2021	200352,0	689200,0	5227,41	4962,5	10189,91	143421,00	65350,00	13,4433	1319043,00	1,0	0,0	1,0	0,0
2022	161438,0	695600,0	6653,02	5491,36	12144,38	784056,00	2929185,00	13,4525	1319043,00	1,0	0,0	1,0	1,0
2023	177825,0	809200,0	4755,38	6577,75	11333,13	531673,00	12,0886	13,6038	1319043,00	1,0	0,0	1,0	1,0

Джерело: авторська розробка.

Таблиця 4

Показники β -коефіцієнта у гравітаційній моделі з використанням чинника конфлікту

Змінна	Коефіцієнт β
lnGDPi	+2,28
lnGDPj	-1,91
lnDistance	-1,02
Conflict	+0,69

Джерело: авторська розробка.

конфлікту у гравітаційній моделі – задля розуміння його впливу на товарообіг і залежність економіки від нього.

На першому етапі було досліджено класичну гравітаційну модель, що вважається стандартом серед економістів усього світу. Дана модель включала в себе такі змінні: ВВП України, ВВП Польщі, географічну відстань між столицями, наявність спільного кордону та інтеграцію до зони вільної торгівлі. Згідно з отриманими результатами, що були зображені в табл. 1, ми можемо побачити β -коефіцієнт:

$$\ln GDP_{it} : \beta = -0,13;$$

$$\ln GDP_{jt} : \beta = +1,49;$$

$$\ln Distance_{ij} : \beta = -1,30;$$

$$Border_{ij} : \beta = -0,196.$$

Аналізуючи результати, отримані з першої моделі, ми бачимо, що вплив β -коефіцієнта на ВВП України має від'ємне значення, що протирічить логіці, бо зростання ВВП має стимулювати обсяги товарообігу між країнами, а не навпаки. Проте, аналізуючи 2020–2023 рр., ми бачимо, що українська економіка зазнала двох кризових ударів: перший – пандемія, другий – війна, що спричинила падіння обсягів промислового виробництва. Також свою роль відіграв фактор спільного кордону: він мав би мати позитивний β -коефіцієнт, проте в умовах однієї пари країн залишається негативним. Саме тому базова модель дає змогу проаналізувати загальний стан і тенденції, що описуються гравітаційною моделлю, проте без використання додаткових чинників якості такого аналізу може піддаватися критиці.

І навпаки, розширена гравітаційна модель, що була запропонована для аналізу в другому випадку, дає змогу якісніше проаналізувати та розрахувати залежність економіки від факторів нестабільності, що наявні в українських реаліях. Згідно з отриманими результатами ми можемо побачити, що:

$$\ln GDP_{it} : \beta = +2,28;$$

$$\ln GDP_{jt} : \beta = -1,91;$$

$\text{InDistance}_{ij} : \beta = -1,02;$

$\text{Conflict} : \beta = +0,69.$

Запропонована модель, що містить фактор конфлікту, демонструє більше чутливості до українського ВВП, ніж у класичній моделі. Це вкладається в логічне розуміння – через значущість Польщі як торговельного партнера України в умовах війни. Даний коефіцієнт вказує на те, що будь-яке пожатвання українського ВВП неминує веде до збільшення загального товарообігу між країнами. Своєю чергою, від'ємний β -коефіцієнт у Польщі можна пояснити деформацією структури торгівлі товарами з Україною на фоні забезпечення останньої гуманітарною допомогою, військово-промисловим співробітництвом і використанням територій Польщі як транзитного пункту для товарів, вироблених в Україні. Коефіцієнт β , пов'язаний з конфліктом, має позитивне значення, що зумовлено концентрацією інфраструктурних об'єктів між Україною та Польщею.

Порівняльний аналіз двох моделей (класичної та розширеної) показує суттєві зміни та відмінності, що полягають між ними. Ці відмінності не тільки в різних значеннях коефіцієнтів, а й у самому структурному змісті представлених моделей. Класична модель, що не використовує фактор конфлікту, базується на традиційній логіці торговельної взаємодії країн, а саме – чим більша економіка у країні, тим активніше вона проводить торговельну діяльність, а географічна відстань між країнами створює бар'єри для обміну товарами. На нашу думку, за результатами проведених розрахунків, можна вважати, що *класична модель гравітаційної взаємодії не пристосована до кризових факторів, таких як воєнний конфлікт*.

Однак у розширеній моделі гравітаційного співробітництва країн ситуація, що прив'язана до зростання ВВП, повністю змінюється через чинник конфлікту. Що демонструє адаптацію української економіки до нових реалій існування.

Особливу увагу в розширеній моделі слід приділити чиннику *Conflict*, що має позитивне значення та вказує, що попри загрози та нестабільності, конфлікт може стимулювати торговельне співробітництво між країнами.

Отже, розширена модель є гнучкішою, реальнішою, адекватнішою та набагато краще пристосованою до аналізу торговельних оборотів в умовах кризових ситуацій. Результати цього аналізу повністю змінюють традиційне уявлення про вплив конфлікту на товарообіг між країнами.

Крім того, додавання чинника війни може розширити горизонти застосування гравітаційної моделі, що дає змогу адаптувати надану формулу

для інших країн на випадок військових конфліктів, санкцій, природних катастроф або глобальних епідемій. У той час, як класична модель обмежена у використанні, без урахування цих перемінних.

ВИСНОВКИ

За результатами цього дослідження ми можемо якісно проаналізувати та порівняти між собою дві гравітаційні моделі, що використовуються задля оцінки коефіцієнтів, що можуть впливати на міжнародні товарні відносини. З отриманих результатів дослідження ми бачимо прямі переваги розширеної моделі перед класичною в більш детальному порівнянні потенційних змін у товарообігу між країнами.

Класична модель не включає в себе чинники, що можуть викликати кризові ситуації, тому вона більше підходить для використання в загальнонауковій літературі, де важливим аспектом виступає теоретичне дослідження економічної співпраці між двома країнами.

Розширена модель, своєю чергою, дозволяє додавати до стабільних умов співпраці економік ще й фактори, що можуть нести деструктивні наслідки для економік. До цих факторів можна віднести війну, катастрофи, санкції або інші кризові ситуації, що мають великий вплив на стан і тенденції товарної співпраці між двома країнами.

З огляду на результати дослідження ми можемо відзначити таке.

В умовах війни, в якій знаходиться Україна, ми маємо використовувати задля отримання якісних аналітичних даних нестандартні складові в рівнянні, що обчислює гравітаційну модель, такі як інституційні, гуманітарні та логістичні аспекти.

Стан і ступінь розвитку прикордонної інфраструктури, що була створена між Україною та Польщею, могли значно вплинути на фактор конфлікту в позитивний бік, що, своєю чергою, могло економіці України налагодити нові торговельні зв'язки та використовувати інфраструктуру Польщі у своїх торговельних операціях.

Посилення інтеграційних процесів України з Польщею необхідне задля збільшення співробітництва західних областей України зі східними воєводствами Польщі, для продовження подальшого розвитку євроінтеграційних процесів України.

Важливим аспектом є розширення баз даних і доступу до статистичної інформації задля використання більшої кількості перемінних, щоб удосконалити та зробити точнішим процес розрахунків гравітаційної моделі.

Також варто зазначити про важливість використання більшої кількості країн партнерів – задля отримання більш диверсифікованих результатів та

розуміння багатосторонніх ефектів з боку третіх країн. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Валовий внутрішній продукт України. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/pro_stat/Prosto/vvp/VVP.pdf
2. Гончаренко Н. І. Інтеграційний вектор України: гравітаційна модель зовнішньої торгівлі країни Європейського Союзу та України. *Актуальні проблеми економіки*. 2008. № 1. С. 78–84.
3. Новікова М. В., Ткачук Н. Ю. Формування та тестування гравітаційної моделі зовнішньої торгівлі товарами України з країнами ЄС. *Проблеми підвищення ефективності інфраструктури*. 2011. Вип. 29. URL: <http://www.jrnl.nau.edu.ua/index.php/PPEI/article/download/282/271>
4. Слабоспицька О. Ю. Побудова гравітаційної моделі міжнародної торгівлі підприємств машинобудівного комплексу України при формуванні стратегії на зовнішньому ринку. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2011. № 2. Т. 2. С. 237–241. URL: https://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2011_2_2/237-241.pdf
5. Товарообіг між Україною та Польщею за 2020–2024 рр. *Державна служба статистики України*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
6. Центральний статистичний офіс Польщі (Główny Urząd Statystyczny, GUS). Валовий внутрішній продукт Польщі за 2020–2023 роки. *Statistics Poland*. URL: <https://stat.gov.pl/en/>
7. Anderson J., Wincoop E. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *The American Economic Review*. 2003. Vol. 93. No. 1. P. 170–192. DOI: 10.1257/000282803321455214
8. Baier S., Bergstrand J. Bonus vetus OLS: A Simple Method for Approximating International Trade-cost Effects. *Journal of International Economics*. 2009. Vol. 77. Iss. 1. P. 77–85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2008.10.004>
9. Linnemann H. An Econometric Study of International Trade Flows. *The Economic Journal*. 1967. Vol. 77. Iss. 306. P. 366–368. DOI: <https://doi.org/10.2307/2229319>
10. McCallum J. National Borders Matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns. *The American Economic Association*. 1995. Vol. 85. Iss. 3. P. 615–623. URL: <https://www.jstor.org/stable/2118191>
11. Tinbergen J. Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy. Periodicals Service Co., 1962. 330 p.

REFERENCES

- Anderson, J., and Wincoop, E. "Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle". *The American Economic Review*, vol. 93, no. 1 (2003): 170-192. DOI: 10.1257/000282803321455214

Baier, S., and Bergstrand, J. "Bonus vetus OLS: A Simple Method for Approximating International Trade-cost Effects". *Journal of International Economics*, vol. 77, no. 1 (2009): 77-85.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2008.10.004>

Honcharenko, N. I. "Intehratsiyni vektor Ukrainy: hravitatsiina model zovnishnyoi torhivli krainy Yevropeiskoho Soiuzu ta Ukrainy" [Ukraine's Integration Vector: A Gravity Model of Foreign Trade Between the European Union and Ukraine]. *Aktualni problemy ekonomiky*, no. 1 (2008): 78-84.

Linnemann, N. "An Econometric Study of International Trade Flows". *The Economic Journal*, vol. 77, no. 306 (1967): 366-368.

DOI: <https://doi.org/10.2307/2229319>

McCallum, J. "National Borders Matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns". *The American Economic Association*. 1995. <https://www.jstor.org/stable/2118191>

Novikova, M. V., and Tkachuk, N. Yu. "Formuvannia ta testuvannia hravitatsiinoi modeli zovnishnyoi torhivli tovaramy Ukrainy z krainamy YeS" [Formation and Testing of a Gravity Model of Ukraine's Foreign Trade in Goods with EU Countries]. *Problemy pidvyshchennia efektyvnosti infrastruktury*. 2011. Iss. 29. <http://www.jrnl.nau.edu.ua/index.php/PPEI/article/download/282/271>

Slabospyska, O. Yu. "Pobudova hravitatsiinoi modeli mizhnarodnoi torhivli pidpriemstv mashynobudivnoho kompleksu Ukrainy pry formuvanni stratehii na zovnishnomu rynku" [Construction of a Gravity Model of International Trade of Enterprises of the Machine-building Complex of Ukraine When Forming a Strategy on the Foreign Market]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. 2011. Vol. 2. No. 2. P. 237–241. https://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2011_2_2/237-241.pdf

"Tovaroobih mizh Ukrainoiu ta Polishcheiu za 2020-2024 rr." [Trade Turnover Between Ukraine and Poland for 2020-2024]. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy*. <https://www.ukrstat.gov.ua/>

"Tsentralnyi statystychnyi ofis Polishchi (Glowny Urzad Statystyczny, GUS). Valovyi vnutrishnii produkt Polishchi za 2020-2023 roky" [Central Statistical Office of Poland (Glowny Urzad Statystyczny, GUS). Poland's Gross Domestic Product for 2020-2023]. *Statistics Poland*. <https://stat.gov.pl/en/>

Tinbergen, J. *Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy*. Periodicals Service Co., 1962.

"Valovyi vnutrishnii produkt Ukrainy" [Gross Domestic Product of Ukraine]. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy*. https://ukrstat.gov.ua/operativ/pro_stat/Prosto/vvp/VVP.pdf