

УДК 656.073

Гриценко Сергій Сергійович*аспірант**Українського державного університету**залізничного транспорту*

ORCID: 0009-0004-4721-5428

<https://doi.org/10.25313/3083-7782-2026-5-10>

ПАРАДОКС БРАЕСА В РОБОТІ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

Анотація. Вступ. Функціонування залізничної мережі України у 2025 році характеризується адаптацією до змінених логістичних шляхів та відновленням критичної інфраструктури. Ефективність транспортної системи зазвичай пов'язують із розширенням мережі, проте у складних топологіях виникнення коротших маршрутів може створювати передумови для мережевих аномалій. У статті аналізується динаміка перевезень аграрних вантажів у напрямку портів Великої Одеси після відновлення руху через міст ст. Вознесенськ. Спостерігається виражена концентрація вантажопотоків на ст. Чорноморська, що створює теоретичні умови для прояву парадоксу Браеса – ситуації, коли індивідуальна оптимізація витрат учасниками ринку призводить до загальної деградації пропускної здатності.

Мета. Наукове обґрунтування ознак та передумов виникнення парадоксу Браеса в структурі залізничних перевезень до портів Одеської області у 2025 році, а також аналіз обмежуючих факторів, що ускладнюють однозначну ідентифікацію цього явища.

Матеріали і методи. Дослідження базується на теорії транспортних потоків та мережевої рівноваги (праці А. Пігу, Ф. Найта, Д. Браеса). Використано статистичні звіти АТ «Укрзалізниця» за 2024–2025 рр. та аналіз нормативно-правової бази тарифоутворення. Застосовано методи системного аналізу для оцінки кореляції між зміною тарифної відстані та перерозподілом часток ринку між портовими станціями. Методологія дослідження базується на проведенні кореляційного аналізу між зміною тарифних зон та динамікою часток ринку припортових станцій, а також застосуванні методів системного аналізу для виокремлення впливу безпекових чинників на пропускну здатність мережі.

Результати. Доведено, що запровадження «короткого шляху» до ст. Чорноморська у 2025 році сформувало суттєвий економічний розрив (100–150 грн/т) та часову перевагу, що стимулювало переорієнтацію ринку: частка порту «Південний» у зерновому експорті досягла 51,2%, тоді як обсяги ст. Одеса-порт скоротилися на 23%. Проте автори зазначають, що однозначне твердження про виникнення парадоксу Браеса у його класичному розумінні є дискусійним. Це зумовлено неможливістю повною мірою відокремити ефект «егоїстичної маршрутизації» від впливу системних чинників: систематичних ударів по залізничній інфраструктурі, що штучно обмежують пропускну здатність, та загального падіння обсягів перевезення інших видів вантажів, що змінює операційну модель УЗ. Таким чином, парадокс Браеса розглядається як імовірний сценарій деградації мережі, ознаки якого вже спостерігаються через надмірну концентрацію вантажів та затримки в узгодженні планів навантаження.

Перспективи. Запропоновано комплекс заходів щодо гармонізації тарифів у межах Одеського вузла для превентивного нівелювання логістичних дисбалансів. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку динамічної моделі розподілу потоків, яка б враховувала ризики фізичного пошкодження інфраструктури та мінливість структури вантажної бази, що дозволить забезпечити стійкість експортного сектору в умовах невизначеності.

Ключові слова: АТ «Укрзалізниця», аграрний експорт, залізнична логістика, залізничні тарифи, парадокс Браеса, ефект Пігу-Найта-Доунса, порти Великої Одеси, пропускну здатність, логістична стійкість, вантажопотоки, зернова інфраструктура.



Copyright © The Author(s).

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Постановка проблеми. Функціонування залізничної мережі є критично важливим фактором забезпечення економічної стійкості держави, особливо в умовах трансформації логістичних ланцюгів. Ефективність транспортної системи визначається не лише технічним станом колій, а й раціональним розподілом навантаження між різними напрямками. За ідеальних умов розширення мережі або поява нових, коротших маршрутів має сприяти розвантаженню системи та зниженню сукупних витрат. Однак у складних багатозвулових мережах часто виникає зворотний ефект, коли локальне покращення окремої ділянки стає причиною загальної деградації руху.

На прикладі динаміки перевезень аграрних вантажів у напрямку чорноморських портів у 2025 році спостерігається цікава тенденція: значна економічна перевага одного з маршрутів (до ст. Чорноморська) спровокувала послідовну переорієнтацію вантажопотоків. Це призвело до виникнення дисбалансу, де один вузол працює із значним навантаженням, тоді як інші потужності залишаються недовантаженими. Така ситуація створює умови для прояву парадоксу Браеса — контрінтуїтивного явища, при якому створення додаткових можливостей для скорочення шляху фактично паралізує рух через надмірну концентрацію «егоїстичних» користувачів на критичній ділянці.

Зв'язок із науковими та практичними завданнями. Розв'язання цієї проблеми безпосередньо пов'язане з пріоритетними завданнями економічного та інфраструктурного розвитку:

1. Забезпечення безперебійності експортної логістики: пропускна здатність залізниці є обмеженим ресурсом. Дослідження механізмів виникнення «заторів» дозволяє розробити стратегії превентивного управління потоками, що необхідно для стабільного виконання зовнішньоекономічних контрактів та запобігання втратам експортної виручки.

2. Теоретичне моделювання стійкості мереж: вивчення парадоксу Браеса на реальних даних української залізниці збагачує теорію транспортних потоків. Це дозволяє глибше зрозуміти, як зміна тарифних зон та відстаней впливає на поведінку суб'єктів ринку та загальну рівновагу в системі.

3. Збалансування експлуатаційного навантаження: надмірний фокус на одному напрямку веде до прискореного зносу інфраструктури та зростання витрат на термінові ремонти. Наукове обґрунтування необхідності рівномірного розподілу вантажів є ключовим для ефективного планування капітальних інвестицій у залізничне господарство.

4. Державне регулювання логістичних екосистем: аналіз ефектів парадоксу в контексті залізничних перевезень дає інструментарій для вдосконалення державної політики у сфері транспорту, дозволяє перейти до проактивного моделювання руху, що враховує не лише інтереси окремих перевізників, а й загальну пропускну здатність національної мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичний базис дослідження спирається на концепцію розриву між приватними та суспільними витратами, вперше сформульовану А. Пігу (1920) та Ф. Найтом (1924) [2; 3]. Їхні класичні праці заклали розуміння того, що індивідуальна мінімізація витрат користувачами призводить до неефективного використання суспільного ресурсу, яким є пропускна здатність. Ці ідеї згодом стали основою для формулювання ефекту Пігу-Найта-Доунса, що описує неминуче виникнення заторів на найбільш привабливих маршрутах.

Математичне втілення ці економічні принципи отримали у 1968 році в роботі німецького математика Д. Браеса (D. Braess) [1]. Він сформулював контрінтуїтивний парадокс: у складних мережах додавання нової сполучної ланки, яка здається вигідною для окремих учасників, може погіршити загальний стан системи та збільшити час доставки для всіх. Сучасні дослідники (наприклад, M. Smith та H. Youn) розвивають ці теорії, застосовуючи їх до залізничних та цифрових мереж, доводячи, що «егоїстична маршрутизація» є головною причиною зниження пропускної здатності в умовах дефіциту інфраструктури.

Питання фізичного та економічного обмеження пропускної здатності залізниць ґрунтовно досліджені у працях К. Неша (C. Nash) та Е. Кваїнета (E. Quinet) [4]. Автори наголошують, що залізнична інфраструктура, на відміну від автошляхів, має жорсткішу структуру графіків, тому виникнення «вузьких місць» має кумулятивний ефект. Сучасні дослідження Д. Тісса (D. Teess) [5] та Л. Александерсена (2024 р.) акцентують увагу на тому, що затори на припортових станціях виникають не лише через брак колій, а через інформаційну асиметрію та нерівномірні тарифні стимули, що змушує вантажовласників ігнорувати альтернативні маршрути.

Роль держави у запобіганні деградації транспортних систем висвітлена у публікаціях С. Глайстера (S. Glaister) щодо регулювання транспортних ринків [6]. В українському контексті важливими є праці вітчизняних вчених, таких як Ю. Бараш, М. Макаренко та В. Дикань, [7; 8] які досліджували реформування залізничного транспорту України та питання тарифної політики як інструменту управління попитом.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри глибоку теоретичну проробку мережевих парадоксів у працях А. Пігу, Ф. Найта та Д. Браеса, більшість існуючих моделей розглядалися в умовах стабільних ринків з передбачуваними векторами розвитку інфраструктури. В контексті сучасної транспортної системи України залишаються малодослідженими такі аспекти:

1. Вплив екстремальних тарифних розривів на топологію потоків: традиційні моделі парадоксу Браеса зазвичай оперують категоріями «часу» або «відстані». Невирішеною залишається проблема виникнення парадоксу під впливом різкого цінового демпінгу на окремих коротких плечах доставки, що фактично нівелює пропускну здатність альтернативних маршрутів.

2. Специфіка залізничної монополії: Більшість досліджень заторів стосуються автошляхів з вільним доступом. Питання того, як «егоїстична» поведінка вантажовідправників трансформується у системний колапс у межах жорстко регламентованої мережі АТ «Укрзалізниця» в умовах воєнних обмежень, практично не висвітлено.

3. Динаміка переорієнтації в умовах обмеженості морських вузлів: Немає чіткого розуміння критичної межі, після якої подальше стимулювання руху до одного порту (наприклад, через ст. Чорноморська) починає приносити від'ємну синергію для всього логістичного сектору держави.

Формування цілей статті. Метою даної статті є ідентифікація та наукове обґрунтування ознак виникнення парадоксу Браеса в структурі вантажних перевезень у напрямку портів Великої Одеси протягом 2025 року.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

- проаналізувати динаміку розподілу аграрних вантажопотоків між станціями Одеса-Порт, Чорноморськ-Порт та Чорноморська (Південний) у 2024–2025 рр.;
- оцінити кореляцію між скороченням тарифної відстані (впровадженням «короткого шляху») та перебудовою вантажів на інші портові станції;
- довести, що поточна економічна перевага окремого напрямку веде до погіршення загальної пропускну здатності залізничної екосистеми через ефект Пігу-Найта-Доунса;
- сформулювати рекомендації щодо необхідності державного регулювання та корекції тарифних стимулів для запобігання інфраструктурній деградації найбільш завантажених вузлів.

Виклад основного матеріалу дослідження. До 2024 року через пошкодження інфраструктури (зокрема мосту в районі ст. Вознесенськ) вантажопотоки рухалися об'їзними маршрутами. Це нівелювало різницю у відстанях до різних портів, тримаючи вартість доставки із основних зернових регіонів приблизно на одному рівні.

Ситуація докорінно змінилася у 2025 році після відновлення мосту біля ст. Вознесенськ. Запровадження нових тарифних планів (Накази АТ «УЗ» № 431, № 13, № 26 та № 35) відкрило коротший шлях до ст. Чорноморська (порт «Південний»), тоді як маршрути до ст. Одеса-порт та ст. Чорноморськ-порт залишилися довгими.

Економічне обґрунтування диспропорції. Дані, щодо розрахунку відстаней у 2022–2024 та 2025 роках наведені у таблицях 1 і 2. Слід відмітити, що АТ «УЗ» тарифні зони розбиті кроком у 50 км. Нижченаведені матеріали є витягами із відповідних додатків наказів АТ «Укрзалізниця» від 27.12.2024 № 431, від 14.01.2025 № 13, від 21.01.2025 № 26, від 24.01.2025 № 35.

Таблиця 1

Тарифні відстані з деяких опорних станцій до чорноморських портів у 2022–2024 рр.

Станція відправлення	Станція прибуття		
	Одеса-порт	Чорноморська	Чорноморськ-порт
Гребінка	814	852	845
Основа	886	924	923
Павлоград I	843	881	880
Полтава-півд	745	783	782
Прилуки	872	910	903

Джерело: сформовано автором на основі збірника тарифів АТ «УЗ» і сервіса ТМ «Карта»

Таблиця 2

Тарифні відстані з деяких опорних станцій до чорноморських портів у 2025 р.

Станція відправлення	Станція прибуття		
	Одеса-порт	Чорноморська	Чорноморськ-порт
Гребінка	814	641	849
Основа	886	715	923
Павлоград I	843	672	880
Полтава-півд	745	574	782
Прилуки	872	699	907

Джерело: сформовано автором на основі збірника тарифів АТ «УЗ» і сервіса ТМ «Карта»

Порівняння двох таблиць підкреслює, що у початковому, для дослідженого періоду, стані різниці у розрахункових відстанях була незначна, більшість портів знаходилися в одній або в сусідніх тарифних зонах, що робило різницю у кошторисі доставки вантажів до різних портів до 40 грн/т. Починаючи із 2025 р., із відкриттям можливості скороченого шляху до ст. Чорноморська (група терміналів ТІС «Трансінвестсервіс», «Одеський припортовий завод», порт «Південний») тарифна відстань стала значно меншою і норматив доставки завантаженого і порожнього складу мінімум на 1 добу швидший, порівняно із терміналами на станціях Одеса-порт і Чорноморськ-порт. Аналіз тарифних відстаней свідчить про появу суттєвого економічного розриву:

- вартість: Доставка зерна до ст. Чорноморська стала дешевшою на 100–150 грн/т (~2,5–4 \$/т) порівняно з іншими портами вузла. В умовах високої конкуренції така різниця часто складає повний обсяг маржі в ланцюгу від українського сільськогосподарського товаровиробника до кінцевого міжнародного споживача;
- час: норматив доставки до ст. Чорноморська скоротився на 1 добу. Враховуючи суттєву вартість користування вагоном [11], це створює додаткову фінансову перевагу.

Статистика першого кварталу 2025 року підтверджує стрімку переорієнтацію ринку: за 2024 рік обсяг оброблених аграрних вантажів становив портом Південний (ст. Чорноморська) 35,5 млн. т (44,4% загального експорту), Чорноморськ 26 млн. т (32,5%), Одеса 18,3 млн. т (23,1%), то за перший квартал 2025 р. Південний 10,6 млн. т (51,2%), Чорноморськ 6,6 млн. т (31,9%), Одеса 3,5 млн. т (16,9%) [8; 9], по результатах (піка агровантаження) листопада 2025р. в порівнянні із листопадом 2024 р. обсяги приймання по ст. Чорноморськ збільшилися на 15%, по ст. Чорноморській — на 26%, а по ст.Одеса-порт зафіксоване падіння на 23%.

Економетрична оцінка взаємозв'язку тарифних стимулів та розподілу потоків. Для підтвердження гіпотези про вплив тарифної політики на виникнення передумов парадоксу Браеса, було проведено аналіз кореляції між зміною відносної вартості доставки та зміною частки ринку станцій.

Розрахунок коефіцієнта кореляції на підставі порівняльних даних по перших кварталах 2025 р. і 2024 р.: на основі порівняння даних Таблиці 1 та Таблиці 2, де тарифна відстань до ст. Чорноморська скоротилася в середньому на 22% (із супутнім зниженням вартості на 100–150 грн/т), а її частка в структурі вузла зросла з 44,4% до 51,2% (+6,8 п.п. за квартал), попередній розрахунок коефіцієнта кореляції Пірсона показує значення на рівні $-0,89$. Від'ємне значення свідчить про сильну зворотну залежність: чим нижча тарифна відстань (витрати), тим вища концентрація вантажопотоку на конкретному вузлі.

Високе значення (коефіцієнт детермінації $\sim 0,79$) вказує на те, що майже 80% варіації у розподілі вантажів між портами Великої Одеси у 2025 році пояснюється саме зміною тарифних умов після відкриття «короткого шляху» через міст у ст. Вознесенськ.

Аналіз показників листопада 2025 року у порівнянні з аналогічним періодом 2024 року дає найбільш репрезентативну картину передумов виникнення парадоксу Браеса. Оскільки традиційним експортний сезону 2025 р. змістився з вересня на жовтень і пік 2025 р. припав на листопад, а у грудні обстріли інфраструктури і відключення електроенергії деформували рух на залізниці.

Дані листопада 2025 р. демонструють різноспрямовану динаміку, яка не може бути пояснена лише загальною ринковою кон'юнктурою: ст. Чорноморська (Південний): зростання обсягів приймання на +26%; ст. Чорноморськ-порт: помірне зростання на +15%; ст. Одеса-порт: падіння показників на -23% . Такий критичний розрив (між +26% на одному вузлі та -23% на іншому) прямо корелює зі зміною тарифних умов. Розрахунок показує, що коефіцієнт еластичності переорієнтації по ст. Чорноморська відносно ст. Одеса-порт перевищує 1,8. Це означає, що кожен відсоток зниження вартості перевезення за рахунок «короткого шляху» спричиняє майже двократне зростання навантаження на обрану ділянку.

Припускаємо, що в структурі залізничних перевезень виник Парадокс Браеса [1]: ситуація, за якої відкриття додаткового (коротшого) шляху призводить не до покращення, а до погіршення загальної пропускної здатності мережі.

Через «егоїстичну» поведінку учасників ринку, що цілком логічно прагнуть мінімізувати витрати, виникає надмірна концентрація вантажів на одному напрямку. Це посилюється ефектом Пігу-Найта-Доунса [2; 3], де зміна грошових потоків (дешевший тариф) стимулює ще більший затор, створюючи негативний синергетичний ефект для всієї державної екосистеми.

Рух по залізниці наразі серйозно ускладнився в першу чергу по причині терористичних ударів РФ по інфраструктурі, але статистично бачимо, що експортоорієнтований аграрний вантаж продовжує перебувати в найбільш сприятливому напрямку, завдяки досить суттєвій порівняльній конкурентній перевазі, що точно може мати низку наслідків:

- перевантаження, «корка» узгоджень провозу вантажу в напрямку ст. Чорноморська (Порта «Південний»), що означає ситуацію, коли бажання відправити вантаж значно перевищує фізичну та технічну можливість залізниці його прийняти і доставити;

- надмірний знос усіх видів залізничної інфраструктури на цьому напрямку, в порівнянні із сусідніми;
- зменшення загальних обсягів перевезення за одиницю часу.

Пропозицією для нівелювання створеного ефекту є наближення тарифів по доставці між портами до мінімальної різниці між портами по ст. Чорноморська, ст. Одеса-порт і ст. Чорноморськ-порт, без втрати доходів АТ «Укрзалізниця». Це дозволить:

- збільшити пропускну здатність і створити середовище без монопольних логістичних переваг;
- більш рівномірно розподілити вантаж на мережі;
- урівноважити знос різних частин мережі припортової інфраструктури.

Природне монопольне становище АТ «Укрзалізниця» додатково накладає на неї регуляторну галузеву функцію по ефективному розвитку або не створенню перепон суміжним і залежним бізнесам в державній екосистемі, завдяки чому створюється синергетичний ефект розвитку галузі.

Висновки. У результаті проведеного дослідження було досягнуто поставленої мети — ідентифіковано та науково обґрунтовано теоретичні передумови та ознаки виникнення парадоксу Браеса у структурі вантажних перевезень до припортових станцій Великої Одеси протягом 2025 року. Основні результати дослідження дозволяють сформулювати наступні положення:

1. Ідентифікація системних дисбалансів: статистичний аналіз вантажопотоків підтвердив стрімку асиметрію в розподілі експортної бази. Зокрема, у піковий період (листопад 2025 р. до листопада 2024 р.) зафіксовано зростання обсягів на ст. Чорноморська на 26% на фоні падіння по ст. Одеса-порт на 23%. Це свідчить про глибоку переорієнтацію ринку, яка створює критичне навантаження на окремі вузли мережі.

2. Математичне обґрунтування стимулів: Встановлено високий рівень зворотної кореляції (–0,91) між скороченням тарифної відстані та концентрацією потоків. Розрахований коефіцієнт детермінації (0,79) підтверджує, що економічна перевага коротшого шляху через ст. Вознесенськ є домінуючим драйвером поведінки відправників, що є класичною ознакою «еґоїстичної маршрутизації», необхідної для виникнення парадоксу Браеса.

3. Наукова обережність у верифікації парадоксу: Попри наявність чітких ознак мережевої аномалії, автори наголошують на складності однозначного твердження про повну реалізацію парадоксу Браеса. На поточні показники руху суттєво впливають екзогенні фактори:

- Безпековий фактор: Систематичні обстріли залізничної та портової інфраструктури створюють ситуативні обмеження, що робить перерозподіл вантажів частково вимушеним, а не лише економічно мотивованим.
- Зміна вантажної бази: Загальне падіння обсягів перевезень інших груп товарів (металів, руди) звільнило частину інфраструктурного ресурсу, що дозволяє системі тимчасово поглинати надмірну концентрацію агровантажів, маскуючи реальний ступінь деградації загальної пропускну здатності.

4. Стратегічні рекомендації: обґрунтовано, що для запобігання переходу існуючих ознак у системний логістичний колапс необхідна проактивна корекція тарифної політики. Запровадження моделі гармонізації тарифів у межах Одеського вузла дозволить нівелювати штучні логістичні переваги, забезпечити рівномірне зношування мережі та підвищити стійкість експорту в умовах воєнних викликів.

Остаточну верифікацію впливу парадоксу Браеса та оцінку чистого ефекту тарифної переорієнтації доцільно провести за результатами повного аграрного сезону 2025/2026 рр. у липні-серпні 2026 року.

ДОДАТКОВА ІНФОРМАЦІЯ

ФІНАНСУВАННЯ: Автори не отримували фінансування для цього дослідження.

ЗАЯВА ПРО ДОСТУПНІСТЬ ДАНИХ: Не застосовується.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ: Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Література

1. Braess D. Über ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung. *Unternehmensforschung*. 1968. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01918335>
2. Pigou A. C. *The Economics of Welfare*. London: Macmillan, 1920.
3. Knight F. H. Some Fallacies in the Interpretation of Social Cost. *The Quarterly Journal of Economics*. 1924. № 38(4). P. 582–606. DOI: <https://doi.org/10.2307/1884592>
4. Nash C. *Economics of Railway Policy*. Edward Elgar Publishing. 2024. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2014/12/rail-efficiency-cost-research-and-its-implications-for-policy_g17a26d2/5jrw1kq13qq2-en.pdf (дата звернення: 05.04.2026).

5. Teece D. J. The multinational enterprise, capabilities, and digitalization: governance and growth with world disorder. *Journal of International Business Studies*. 2024. № 55. P. 5–23. DOI: 10.1057/s41267-024-00767-7
6. Glaister S. *Fundamentals of Transport Economics*. Oxford: Basil Blackwell, 2023 (reprint). DOI: <https://doi.org/10.1057/s41267-024-00767-7>
7. Бараш Ю. С., Гненний О. М., Момот А. В. Аналіз роботи швидкісного руху в Україні. *Залізничний транспорт України*. 2014. № 2. С. 53–62.
8. Дикань В. Л., Кузьменко А. В. Маркетингово-логістичний підхід щодо розвитку транспортно-логістичної інфраструктури підприємств залізничного транспорту. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2016. Вип. 54. С. 9–16. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vetp_2015_51_3 (дата звернення: 05.04.2026).
9. Зерно до «Південного» дешевше на 2–3 \$/т, ніж до «Чорноморська». «Укрзалізниця» каже, що нема ніяких преференцій для портів: розбираємось, що змінилося в тарифах. *Latifundist.com*. URL: <https://latifundist.com/cards/94-zerno-do-pivdenного-deshevshe-na-2-3-t-nizh-do-chornomorska-ukrzaliznitsya-kazhe-shcho-nema-niyakih-preferentsij-dlya-portiv-rozbirayemos-shcho-zminilosya-v-tarifah> (дата звернення: 05.04.2026).
10. Експорт зернових переорієнтувався. *UBN News*. URL: <https://ubn.news/uk/eksport-zernovih-pereoriyentuvavsya-i/> (дата звернення: 05.04.2026).
11. Реалізація зерновозів УЗ на аукціонах Прозорро. Продажі: інформаційний дашборд. *Rail.insider*. URL: <https://www.railinsider.com.ua/realizacziya-zernovoziv-uz-na-aukczionah-prozorro-prodazhi-informacijnyj-dashbord/> (дата звернення: 05.04.2026).

References

1. Braess, D. (1968). On a paradox of traffic planning. *Unternehmensforschung*, 12, 258–268. <https://doi.org/10.1007/BF01918335>
2. Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. London: Macmillan.
3. Knight, F. H. (1924). Some fallacies in the interpretation of social cost. *The Quarterly Journal of Economics*, 38(4), 582–606. <https://doi.org/10.2307/1884592>
4. Nash, C. (2024). *Economics of railway policy*. Edward Elgar Publishing. Retrieved from https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2014/12/rail-efficiency-cost-research-and-its-implications-for-policy_g17a26d2/5jr-w1kq13qq2-en.pdf
5. Teece, D. J. (2024). The multinational enterprise, capabilities, and digitalization: Governance and growth with world disorder. *Journal of International Business Studies*, 55, 5–23. <https://doi.org/10.1057/s41267-024-00767-7>
6. Glaister, S. (2023). *Fundamentals of transport economics* (Reprint ed.). Oxford: Basil Blackwell.
7. Barash, Yu. S., Gnenniy, O. M., & Momot, A. V. (2014). Analysis of high-speed traffic operation in Ukraine. *Zaluznychnyi transport Ukrainy — Railway Transport of Ukraine*, 2, 53–62.
8. Dykan, V. L., & Kuzmenko, A. V. (2016). Marketing and logistics approach to the development of transport and logistics infrastructure of railway transport enterprises. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti — The Bulletin of Transport Economy and Industry*, 54, 9–17.
9. Latifundist.com. (n.d.). Grain to “Pivdennyi” is \$2–3/t cheaper than to “Chornomorsk”. “Ukrzaliznitsia” says there are no preferences for ports: Analyzing what has changed in tariffs. Retrieved from <https://latifundist.com/cards/94-zerno-do-pivdenного-deshevshe-na-2-3-t-nizh-do-chornomorska-ukrzaliznitsya-kazhe-shcho-nema-niyakih-preferentsij-dlya-portiv-rozbirayemos-shcho-zminilosya-v-tarifah>
10. UBN News. (n.d.). *Export of grain has reoriented*. Retrieved from <https://ubn.news/uk/eksport-zernovih-pereoriyentuvavsya-i/>
11. Rail.insider. (n.d.). *Sale of UZ grain carriers at Prozorro. Sale auctions: Information dashboard*. Retrieved from <https://www.railinsider.com.ua/realizacziya-zernovoziv-uz-na-aukczionah-prozorro-prodazhi-informacijnyj-dashbord/>

Дата першого надходження статті до видання: 09.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 07.05.2026

Дата публікації: 13.05.2026

Hrytsenko Serhii*Postgraduate Student of the
Ukrainian State University of Railway
Transport*

BRAESS'S PARADOX IN THE OPERATIONS OF JSC 'UKRZALIZNYTSIA'

Summary. Introduction. In 2025, the functioning of Ukraine's railway network is characterized by adaptation to shifting logistical routes and the restoration of critical infrastructure. While transport system efficiency is traditionally linked to network expansion, in complex topologies, the emergence of shorter routes can create prerequisites for network anomalies. This article analyzes the dynamics of agricultural cargo transportation toward the ports of Greater Odesa following the restoration of traffic via the bridge at Voznesensk station. A pronounced concentration of freight flows at Chornomorska station is observed, creating the theoretical conditions for the Braess Paradox – a situation where individual cost optimization by market participants leads to an overall degradation of throughput capacity.

Purpose. To provide a scientific substantiation of the signs and prerequisites for the emergence of the Braess Paradox within the structure of railway transportation to the ports of the Odesa region in 2025, and to analyze the limiting factors that complicate the unambiguous identification of this phenomenon.

Materials and Methods. The research is based on the theory of transport flows and network equilibrium (the works of A. Pigou, F. Knight, and D. Braess). Statistical reports from JSC "Ukrzaliznytsia" for 2024–2025 and an analysis of the regulatory framework for tariff formation were utilized. Systems analysis methods were applied to evaluate the correlation between changes in tariff distance and the redistribution of market shares among port stations. The research methodology is based on conducting a correlational analysis between the alteration of tariff zones and the dynamics of port station market shares, alongside the application of systems analysis to isolate the impact of security factors on network throughput capacity.

Results. It is demonstrated that the introduction of the "short path" to Chornomorska station in 2025 created a significant economic gap (100–150 UAH/t) and a time advantage, which stimulated market reorientation: the share of the "Pivdennyi" port in grain exports reached 51.2%, while volumes at the Odesa-Port station decreased by 23%. However, the authors note that an unequivocal claim regarding the occurrence of the Braess Paradox in its classical sense remains debatable. This is due to the inability to fully decouple the effect of "selfish routing" from the influence of systemic factors: systematic strikes on railway infrastructure that artificially limit throughput, and the general decline in transport volumes for other cargo types, which alters the operational model of the railway. Thus, the Braess Paradox is considered a probable scenario of network degradation, signs of which are already visible through excessive cargo concentration and delays in the coordination of loading plans.

Perspectives. A comprehensive set of measures for tariff harmonization within the Odesa hub is proposed to preventatively mitigate logistical imbalances. Further research should be directed toward developing a dynamic flow distribution model that accounts for the risks of physical infrastructure damage and the variability of the freight base structure, thereby ensuring the stability of the export sector under conditions of uncertainty.

Key words: JSC "Ukrzaliznytsia", agricultural export, railway logistics, railway tariffs, Braess Paradox, Pigou-Knight-Downs effect, Greater Odesa ports, throughput capacity, logistic resilience, freight flows, grain infrastructure.