

8. Adibi S., Lin B., Ho P.-H., Agnew G. B., Erfani S. Authentication Authorization and Accounting (AAA) Schemes in WiMAX, University of Waterloo, Broadband Communication Research Centre (BBCR), appears in: *Electro-information Technology, 2006 IEEE International Conference on* 7–10. P. 210–215, May 2006.

9. Airspan, “Mobile WiMAX security”, Airspan Networks Inc. 2007. [Online]. URL: <http://www.airspan.com>

10. Taeshik Shon and Wook Choi. *An Analysis of Mobile WiMAX Security: Vulnerabilities and Solutions: Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 4658. P. 88–97, Aug. 2007.

11. Standard for local and metropolitan area networks. IEEE Std 802.16m-2011.



DOI: <https://doi.org/10.32836/2521-6643-2021-1-61.4>

УДК 656.13(075)

О. М. Сазонець, доктор економічних наук,
професор, професор кафедри
транспортних технологій та міжнародної
логістики Університету митної справи
та фінансів

І. Ю. Леснікова, кандидат технічних наук,
доцент, доцент кафедри транспортних
технологій та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

У статті наголошено, що автотранспорт в Україні є обслуговуючою ланкою всього національного господарства, він відіграє важливу роль у розвитку економіки країни. Представлено динаміку автоперевезень пасажирів в Україні і на її основі побудовано прогноз стану цієї галузі на наступні шість років, який є невтішним для нашої держави. Наведено причини цієї поведінки прогнозної кривої, подано способи покращання цієї ситуації, надано динаміку перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні, а також побудовано прогноз на майбутні шість років, який є кращим за попередній. Досліджено зв'язок між ВВП України та автоперевезеннями. Найкращою є апроксимація цього зв'язку поліномом n 'ятого степеня. У дослідженні визначено основні шляхи усунення головних проблем автотранспортної галузі.

© О. М. Сазонець, І. Ю. Леснікова, 2021

Ключові слова: *автотранспорт; автоперевезення пасажирів; прогноз-на крива; поліном*

В статье отмечается, что автотранспорт в Украине является обслуживающим звеном всего национального хозяйства и играет важную роль в развитии экономики страны. Представлена динамика перевозок пассажиров в Украине и на ее основе построен прогноз состояния этой отрасли на следующие шесть лет, который является неутешительным для нашей страны. Приведены причины этого поведения прогнозной кривой. Поданы способы улучшения этой ситуации. Дана динамика перевозок грузов автомобильным транспортом в Украине, также построен прогноз на будущие шесть лет, который является лучше предыдущего. Исследована связь между ВВП Украины и автоперевозками. Лучшей является аппроксимация этой связи полиномом пятой степени. В статье определены основные пути решения главных проблем автотранспортной отрасли.

Ключевые слова: *автотранспорт; автоперевозки пассажиров; прогнозная кривая; полином.*

The article emphasizes that motor transport in Ukraine is a service link of the entire national economy and plays an important role in the development of the country's economy. The advantages and disadvantages of each type of transport are identified. It is noted that Ukraine is actively involved in world socio-economic processes. It is stated that in order to increase the efficiency of the transport system it is necessary to comprehensively update and modernize transport, which will include a set of measures for regulatory and legal support and the creation of a favorable investment climate, taking into account budgetary and non-budgetary investment. It was emphasized that the implementation of the transport strategy will contribute to the intensive improvement of the transport system, sustainable economic development and welfare of Ukrainians.

The dynamics of road transport of passengers in Ukraine is presented and on its basis the forecast of a state of this branch for the next six years which is disappointing for our state is constructed. The reasons for this behavior of the forecast curve are given, the most significant of which are military actions in the East of the country. Ways to improve this situation are presented, first of all, by implementing certain provisions on transport, which are declared in the document on the association of Ukraine and the EU. The dynamics of cargo transportation by road in Ukraine is given and the forecast for the next six years, which is better than the previous one, is also built. The connection between Ukraine's GDP and road transport has been studied. The linear relationship is shown to be very weak. Other links checked. It is best to approximate this connection by a fifth

degree polynomial. The solution of the system of equations is constructed, where the coefficients of the polynomial variable are determined. Here, the coefficient of determination is more acceptable than in the case of a linear relationship.

The article identifies the main ways to solve the main problems of the motor transport industry, where the issue of tax burden, international freight, where it is necessary to introduce partial compensation for resource costs, reconstruction of roads, introduction of economic security management methods at transport enterprises.

Key words: motor transport; road passenger transport; forecast curve; polynomial.

Постановка проблеми. Автотранспорт в Україні є обслуговуючою ланкою всього національного господарства. Від його стану багато в чому залежать позиції інших галузей, тому що інші сектори господарського комплексу нашої держави є споживачами транспортних послуг. Транспорт відіграє важливу роль у розвитку господарства будь-якої держави. Саме він забезпечує взаємодію основних компонентів господарства і цілісність усього господарського комплексу. Одночасно транспорт забезпечує здійснення міжнародних економічних і політичних зв'язків.

Завдяки діяльності транспортного сектора економіки в будь-якій країні вдається досягти забезпечення максимальної зайнятості населення, раціонального використання всіх видів ресурсів, переміщення виробленої продукції і надходження необхідних імпортованих товарів. Рівень і якість розвитку транспортної системи багато в чому визначає успішність і рівень розвитку країни. Навіть у межах однієї держави територіальні відмінності в розвитку транспортного сектора впливають на економічну диспропорцію територіального розвитку регіонів. Наприклад, транспортна система Сходу та Заходу України відрізняються між собою. Тому для подальшого успішного розвитку економіки країни необхідний комплексний розвиток усього транспортного сектора.

Кожен з видів транспорту має свої переваги і недоліки, а саме маневреність і залежність від погодних умов, комфортність і швидкість переміщення, собівартість і безпека. Розвиваючи всю транспортну систему в комплексі, вдається поєднувати переваги кожного виду транспорту і компенсувати його недоліки за рахунок інших видів. Єдина транспортна система забезпечує узгоджений розвиток і функціонування всіх видів транспорту з метою максимального задоволення транспортних потреб при мінімальних витратах.

Україна активно включається в світові суспільно-економічні процеси. Вона стала членом Світової організації торгівлі, отримала право асоційованого членства в Європейському Союзі. Транспорт, що є інфраструктурною галуззю, має розвиватися випереджальними темпами, щоб сприяти швидко-

му економічному та соціальному зростанню країни та її участі в міжнародному поділі праці. Для підвищення ефективності транспортної системи необхідно комплексно оновити й модернізувати транспорт, що передбачатиме комплекс заходів щодо нормативно-правового забезпечення та утворення сприятливого інвестиційного клімату з урахуванням бюджетного й небюджетного інвестування. Призначення такої стратегії у визначенні ключових проблем, цілей, принципів та пріоритетів розвитку транспортної системи нашої країни з погляду загальнонаціональних викликів. Реалізація транспортної стратегії сприятиме інтенсивному підвищенню ефективності транспортної системи, сталому розвитку економіки й добробуту українців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідною умовою позитивного розвитку автопідприємства є його економічна безпека, захищеність від впливу дестабілізуючих факторів як внутрішнього, так і зовнішнього середовища. При цьому може бути досягнуто високої ефективності господарської діяльності, що сприяє його розвитку [1].

У статті [2] здійснено комплексний аналіз стану і проблем розвитку транспортної системи України у світлі загроз та ризиків, що пов'язані з кризовими процесами. Особливу увагу приділено питанням оптимізації функціонування транспортного комплексу з використанням потенційних можливостей і конкурентних переваг. Автори зазначають, що сучасна Україна вирізняється з-поміж інших країн тому, що значна кількість її населених пунктів розміщена на традиційних транспортно-комунікаційних маршрутах Євразії. Держава має досить високий коефіцієнт транзитивності (транспортної привабливості), цей показник потенційний і може бути реалізований лише у серйозному конкурентному середовищі з іншими країнами. Цілеспрямоване урахування потенційних можливостей сприятиме Україні в досягненні нового рівня розвитку в реалізації своїх головних пріоритетів, у тому числі у сфері транспортного обслуговування.

Різні варіанти громадського транспорту, що ґрунтуються на розвитку інформаційних технологій, які швидко розвивалися на початку цього десятиліття, розглянули А. А. Назуція, К. Ервін та Л. Бартуська [3]. Транспорт є важливим елементом і слугує джерелом життєвої сили та економічної, соціальної і політичної мобільності населення, яка зростає разом і слідує за подіями, що відбуваються в різних сферах і галузях. Багато транспортних компаній пропонують і намагаються залучити пасажирів, щоб вони зацікавились продуктами та послугами. Явище розвитку інформаційних технологій у цей період поліпшує використання споживачами громадського транспорту щодо доступу та вартості, полегшення замовлення. Підприємства, які використовують віртуальні програми для полегшення замовлення транспор-

ту, – це компанії Go Car (Go jek) та Grab. Ефективність інституційного дизайну організації чи бізнесу автори оцінюють за допомогою аналітичних інструментів, а саме транзакційних витрат. Чим вищі витрати, понесені в економічній діяльності, тим неефективнішим є інституційний дизайн. І навпаки, менші витрати, понесені в економічній діяльності, означають, що інституційна ефективність висока.

У [4] Дж. Астурія наводить кількісні моделі торгівлі, що використовуються для оцінки наслідків змін політики моделювання транспортної галузі. Цей документ розширює стандартну модель торгівлі Армінгтона, включаючи олігополістично конкурентну транспортну галузь, у якій вантажовідправники ендегенно обирають транспортну технологію. Автор зібрав детальні дані про промисловість морського транспортування в контейнерах, щоб відкалібрувати параметри моделі. Потім він провів кількісні експерименти, в яких відбувається симетричне підвищення тарифів. У середньому на зміни транспортних витрат припадає майже половина змін у добробуті. Ці висновки свідчать про те, що ендегенність транспортних витрат є важливим механізмом, що визначає наслідки такої зміни політики для добробуту.

Проаналізувавши досвід відомих українських і зарубіжних учених щодо вивчення транспортної сфери, необхідно дослідити її прогностичні показники і зв'язок із головним індикатором розвитку економіки країни – ВВП.

Мета статті: проаналізувати динаміку транспортних перевезень пасажирів і вантажів в Україні, скласти прогноз із його оцінкою, побудувати регресійну залежність ВВП України від обсягу автомобільних вантажних перевезень і на основі цієї залежності зробити висновки щодо покращання стану української транспортної галузі в країні.

Виклад основного матеріалу. В нашій країні (табл. 1) використання автотранспорту пасажирами України знижується, і прогноз щодо цього теж невтішний (рис. 1).

Значний вплив на негативну динаміку обсягу пасажирських перевезень мають скорочення пасажирських потоків через військові дії на Сході країни. Для подолання негативних явищ потрібно вносити зміни як до українського законодавства, так і співпрацювати з іноземними країнами у сфері автотранспорту. Деякі кроки вже робляться в цьому напрямі. Скажімо, це прийняття у 2018 р. Постанови Кабінету Міністрів України від 07.02.2018 № 180 “Про внесення змін до Порядку проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування”, згідно з якою “конкурси на міжобласні автобусні маршрути тепер будуть проходити за заявничьким принципом” [6]. Ще додамо, що тим перевізникам, які оновили свій автопарк, надається можливість продовжувати дію дозволів.

Динаміка автоперевезень пасажирів в Україні (побудовано на основі [5])

Роки	Перевезення пасажирів
1996	3 304 600
1997	2 512 147,2
1998	2 403 424,6
1999	2 501 707,5
2000	2 557 214,6
2001	2 722 001,6
2002	3 069 136,3
2003	3 297 504,5
2004	3 720 326,4
2005	3 836 514,5
2006	3 987 982
2007	4 173 033,7
2008	4 369 125,5
2009	4 014 035,2
2010	3 726 288,6
2011	3 611 829,9
2012	3 450 173,1
2013	3 343 569,5
2014	2 913 318,1
2015	2 250 345,3
2016	2 024 892,9
2017	2 019 324,9
2018	1 906 852,1
2019	1 804 929,3
2020	1 083 872,7

Для покращання становища у галузі транспорту впроваджуються окремі положення щодо транспорту, які задекларовані в документі про асоціацію України та ЄС. Згідно зі ст. 368 Угоди про асоціацію, поступово здійснюватиметься оновлення, реструктуризація транспорту, водночас чинні політика та стандарти будуть гармонізуватися з існуючими документами в ЄС.

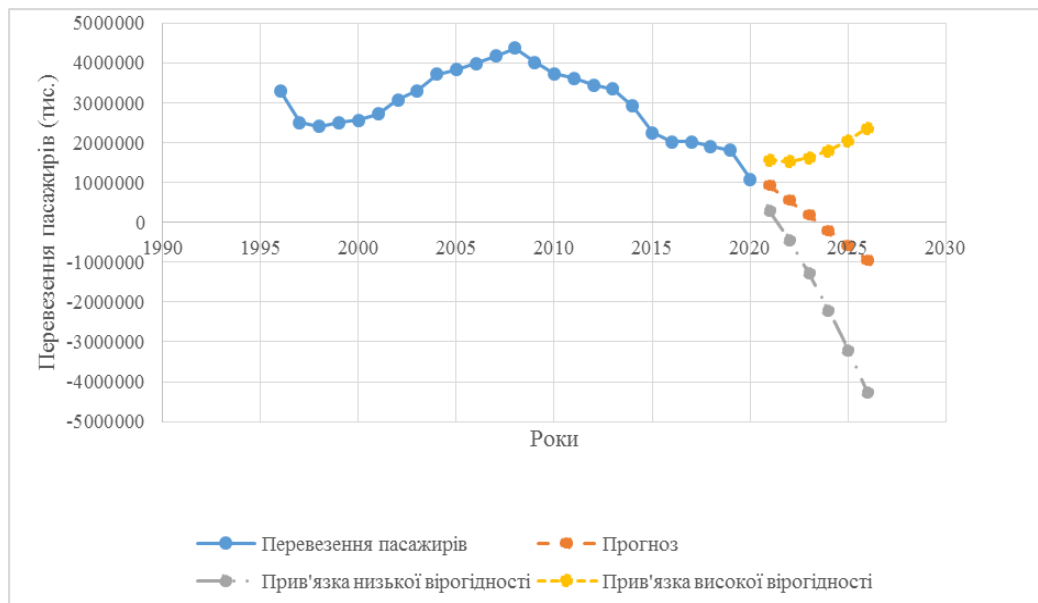


Рис. 1. Прогноз динаміки пасажирських перевезень в Україні

Джерело: побудовано авторами з використанням даних [5]

Позитивною в цій сфері є розбудова концесійних доріг у нашій країні. Це збільшить пересування пасажирів автотранспортом. Зараз уже відбувається зростання зручності придбання квитків на транспорт. Слід зазначити, що 2020 р. пасажир залізничного транспорту купили 66 % квитків онлайн [7]. Зараз на розгляді у Верховній Раді законопроект про державно-приватне партнерство у дорожній галузі, що передбачає залучення приватних інвесторів до будівництва автошляхів. Окупність проектів заплановано упродовж 20–30 років після закінчення будівництва, все залежатиме від якості збудованої і в подальшому утримуваної автодороги. Дороги не будуть платними для громадян. При цьому можуть стягуватися штрафи за неякісне утримання дороги та невідповідність прийнятим стандартам.

Щодо вантажних перевезень автомобільним транспортом, то тут картина краще (табл. 2).

Як бачимо з рис. 2, за прогнозом, незначний підйом відбуватиметься в цій галузі.

Низька швидкість зростання показників пов'язана насамперед з тим, що багато перевізників (близько 30 %) в Україні все ще залишається в тіні. Таким чином, оплата за перевезення здійснюється в багатьох випадках готів-

кою. Основний внесок у це зростання вкладають такі галузі, як будівельна, харчова, переробна. Значна частина належить контейнерним перевезенням. Незважаючи на високу конкурентність ринку автоперевезень, автоперевізники ще не достатньо організовані, бракує ефективних об'єднань і асоціацій автоперевізників. Як виняток – міжнародні автоперевізники, об'єднані в АСМАП.

Таблиця 2

**Динаміка перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні
(побудовано на основі [5])**

Роки	Перевезення вантажів (тис. т)
1996	1 254 540,2
1997	1 249 866,6
1998	1 081 326,2
1999	955 329,1
2000	938 916,1
2001	977 268,8
2002	947 323,8
2003	943 283
2004	1 027 396,3
2005	1 120 715,3
2006	1 167 199,7
2007	1 255 225,3
2008	1 266 598,1
2009	1 068 857,9
2010	1 168 218,8
2011	1 252 390,3
2012	1 259 697,7
2013	1 260 767,5
2014	1 131 312,7
2015	1 020 604
2016	1 085 663,4
2017	1 121 673,6
2018	1 205 530,8
2019	1 147 049,6
2020	1 232 391,9

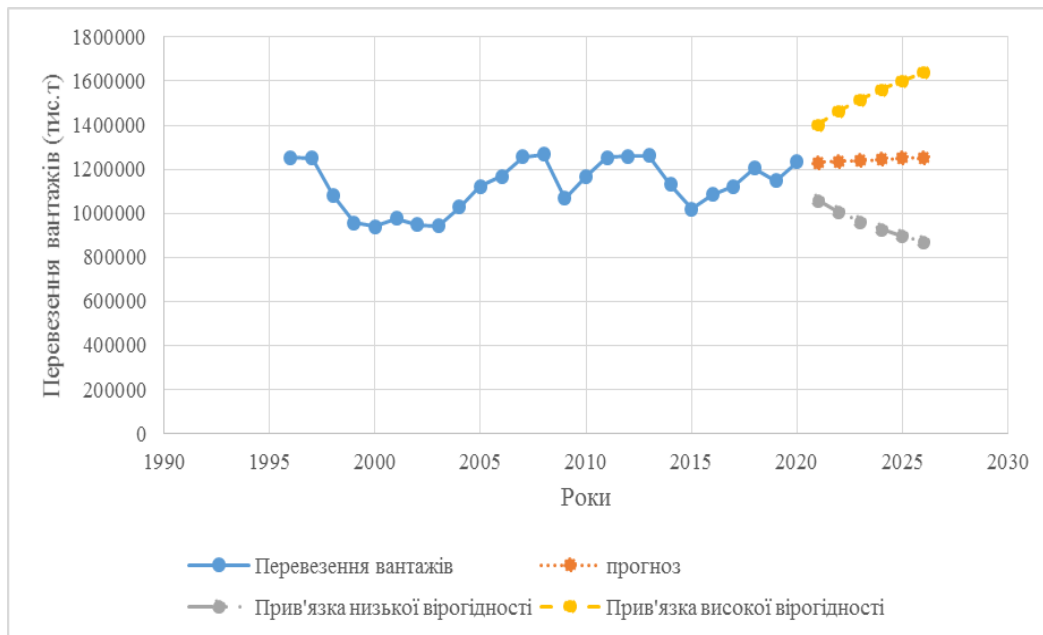


Рис. 2. Прогноз перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні

Джерело: побудовано авторами з використанням даних [5]

У функціонуванні ринку автоперевізників трапляються суперечності між його учасниками, пов'язані з габаритно-ваговим контролем на дорогах (ГВК). Слід зауважити, що певна частина автоперевізників дотримується правил цього контролю, але більша частина їх ігнорує. Найбільше порушень ГВК виявляється в аграрному секторі, де фіксується приблизно 60–65 % продукції, що перевозиться з порушенням ГВК.

Розвитку автотранспортної галузі заважає також недосконалість українського законодавства. Автоперевізники перевантажені податками. Крім того, енергозбереження в Україні на дуже низькому рівні, що призводить до величезних витрат ресурсів на транспорті.

Негативно впливають на розвиток транспорту також зношеність основних засобів об'єктів інфраструктури, що становить загрозу для виникнення аварійних ситуацій. Через низьку якість транспортної інфраструктури виникають додаткові непродуктивні витрати, які гальмують зростання ВВП. Позитивність динаміки автоперевезень вантажів пов'язана з тим, що все більше вантажів перерозподіляється з залізничного транспорту на автотранспорт [8].

Дослідимо, чи існує зв'язок між ВВП України та автоперевезеннями. Візьмемо за основу автотранспортні перевезення вантажів. Лінійний зв'язок дуже слабкий (формула (1)).

$$y = 0,3346x - 272037. \quad (1)$$

Коефіцієнт детермінації дорівнює всього лише 0,5234.

Спробуємо побудувати інші види залежності. Найприйнятніша з них – поліноміальна залежність.

Нехай нам дано два ряди спостережень x_i (незалежна змінна) та y_i (залежна змінна), $i = \overline{1, n}$. Рівняння поліному має вигляд:

$$y = \sum_{j=0}^k b_j x^j, \quad (2)$$

де b_j – параметри даного полінома. Знайдемо за методом найменших квадратів параметри b_j даної регресії. Метод найменших квадратів ґрунтується на мінімізації такого виразу:

$$S = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

де \hat{y}_i – теоретичне значення, що є значенням полінома (2) в точках x_i . Підставляючи (2) в (3), отримаємо:

$$S = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=0}^k b_j x_i^j - y_i)^2 \rightarrow \min. \quad (4)$$

На основі необхідної умови екстремуму функції $(k+1)$ змінних $S = S(b_0, b_1, \dots, b_k)$ прирівняємо до нуля її частинні похідні, тобто:

$$S'_{b_p} = 2 \sum_{i=1}^n x_i^p (\sum_{j=0}^k b_j x_i^j - y_i), p = \overline{0, k}. \quad (5)$$

Поділивши ліву і праву частину кожної рівності на 2, розкриємо другу суму:

$$\sum_{i=1}^n x_i^p (b_0 + b_1 x_i + b_2 x_i^2 + \dots + b_k x_i^k) - \sum_{i=1}^n x_i^p y_i = 0, p = \overline{0, k} \quad (6)$$

Розкриваючи дужки, перенесемо в кожному p -му виразі останній доданок з y_i вправо і поділимо обидві частини на n . У результаті у нас вийшло

$(k + 1)$ виразів, що утворюють систему лінійних нормальних рівнянь відносно b_p . Вона має такий вигляд:

$$\begin{cases} b_0 + b_1\bar{x} + b_2\bar{x}^2 + \dots + b_k\bar{x}^k = \bar{y} \\ b_0\bar{x} + b_1\bar{x}^2 + b_2\bar{x}^3 + \dots + b_k\bar{x}^{k+1} = \bar{x}\bar{y} \\ b_0\bar{x}^2 + b_1\bar{x}^3 + b_2\bar{x}^4 + \dots + b_k\bar{x}^{k+2} = \bar{x}^2\bar{y} \\ \dots \\ b_0\bar{x}^k + b_1\bar{x}^{k+1} + b_2\bar{x}^{k+2} + \dots + b_k\bar{x}^{2k} = \bar{x}^k\bar{y} \end{cases} \quad (7)$$

Для розв'язання системи рівнянь можна застосовувати один із чисельних методів під час моделювання тренду на комп'ютері. При цьому результат обчислення буде досить точним. Розв'яжемо систему рівнянь для віднаходження полінома п'ятого степеня.

$$\begin{cases} b_0 + b_1\bar{x} + b_2\bar{x}^2 + b_3\bar{x}^3 + b_4\bar{x}^4 + b_5\bar{x}^5 = \bar{y} \\ b_0\bar{x} + b_1\bar{x}^2 + b_2\bar{x}^3 + b_3\bar{x}^4 + b_4\bar{x}^5 + b_5\bar{x}^6 = \bar{x}\bar{y} \\ b_0\bar{x}^2 + b_1\bar{x}^3 + b_2\bar{x}^4 + b_3\bar{x}^5 + b_4\bar{x}^6 + b_5\bar{x}^7 = \bar{x}^2\bar{y} \\ b_0\bar{x}^3 + b_1\bar{x}^4 + b_2\bar{x}^5 + b_3\bar{x}^6 + b_4\bar{x}^7 + b_5\bar{x}^8 = \bar{x}^3\bar{y} \\ b_0\bar{x}^4 + b_1\bar{x}^5 + b_2\bar{x}^6 + b_3\bar{x}^7 + b_4\bar{x}^8 + b_5\bar{x}^9 = \bar{x}^4\bar{y} \\ b_0\bar{x}^5 + b_1\bar{x}^6 + b_2\bar{x}^7 + b_3\bar{x}^8 + b_4\bar{x}^9 + b_5\bar{x}^{10} = \bar{x}^5\bar{y} \end{cases} \quad (8)$$

Розв'яжемо систему рівнянь за допомогою методу Гауса. Виключення Гауса ґрунтуються на ідеї послідовного виключення змінних по одній доти, доки не залишиться тільки одне рівняння з однією змінною в лівій частині. Потім це рівняння розв'язується щодо єдиної змінної. Таким чином, систему рівнянь приводять до трикутної (ступінчастої) форми. Для цього серед елементів першого стовпця матриці обирають ненульовий (частіше максимальний) елемент і переміщують його на крайнє верхнє положення перестановкою рядків. Потім нормують усі рівняння, розділивши їх на коефіцієнт a_{i1} матриці рівняння відносно (b_i) , де i – номер стовпчика. Тоді отримуємо:

$$\begin{cases} b_0 + b_1\bar{x} + b_2\bar{x}^2 + b_3\bar{x}^3 + b_4\bar{x}^4 + b_5\bar{x}^5 = \bar{y} \\ b_0 + b_1\frac{\bar{x}^2}{\bar{x}} + b_2\frac{\bar{x}^3}{\bar{x}} + b_3\frac{\bar{x}^4}{\bar{x}} + b_4\frac{\bar{x}^5}{\bar{x}} + b_5\frac{\bar{x}^6}{\bar{x}} = \frac{\bar{x}\bar{y}}{\bar{x}} \\ b_0 + b_1\frac{\bar{x}^3}{\bar{x}^2} + b_2\frac{\bar{x}^4}{\bar{x}^2} + b_3\frac{\bar{x}^5}{\bar{x}^2} + b_4\frac{\bar{x}^6}{\bar{x}^2} + b_5\frac{\bar{x}^7}{\bar{x}^2} = \frac{\bar{x}^2\bar{y}}{\bar{x}^2} \\ b_0 + b_1\frac{\bar{x}^4}{\bar{x}^3} + b_2\frac{\bar{x}^5}{\bar{x}^3} + b_3\frac{\bar{x}^6}{\bar{x}^3} + b_4\frac{\bar{x}^7}{\bar{x}^3} + b_5\frac{\bar{x}^8}{\bar{x}^3} = \frac{\bar{x}^3\bar{y}}{\bar{x}^3} \\ b_0 + b_1\frac{\bar{x}^5}{\bar{x}^4} + b_2\frac{\bar{x}^6}{\bar{x}^4} + b_3\frac{\bar{x}^7}{\bar{x}^4} + b_4\frac{\bar{x}^8}{\bar{x}^4} + b_5\frac{\bar{x}^9}{\bar{x}^4} = \frac{\bar{x}^4\bar{y}}{\bar{x}^4} \\ b_0 + b_1\frac{\bar{x}^6}{\bar{x}^5} + b_2\frac{\bar{x}^7}{\bar{x}^5} + b_3\frac{\bar{x}^8}{\bar{x}^5} + b_4\frac{\bar{x}^9}{\bar{x}^5} + b_5\frac{\bar{x}^{10}}{\bar{x}^5} = \frac{\bar{x}^5\bar{y}}{\bar{x}^5} \end{cases} \quad (9)$$

Потім віднімають після перестановки отриманий перший рядок з інших рядків:

$$\begin{cases} b_0 + b_1\bar{x} + b_2\bar{x}^2 + b_3\bar{x}^3 + b_4\bar{x}^4 + b_5\bar{x}^5 = \bar{y} \\ 0 + b_1\left(\frac{\bar{x}^2}{\bar{x}} - \bar{x}\right) + b_2\left(\frac{\bar{x}^3}{\bar{x}} - \bar{x}^2\right) + b_3\left(\frac{\bar{x}^4}{\bar{x}} - \bar{x}^3\right) + b_4\left(\frac{\bar{x}^5}{\bar{x}} - \bar{x}^4\right) + b_5\left(\frac{\bar{x}^6}{\bar{x}} - \bar{x}^5\right) = \frac{\bar{x}\bar{y}}{\bar{x}} - \bar{y} \\ 0 + b_1\left(\frac{\bar{x}^3}{\bar{x}^2} - \bar{x}\right) + b_2\left(\frac{\bar{x}^4}{\bar{x}^2} - \bar{x}^2\right) + b_3\left(\frac{\bar{x}^5}{\bar{x}^2} - \bar{x}^3\right) + b_4\left(\frac{\bar{x}^6}{\bar{x}^2} - \bar{x}^4\right) + b_5\left(\frac{\bar{x}^7}{\bar{x}^2} - \bar{x}^5\right) = \frac{\bar{x}^2\bar{y}}{\bar{x}^2} - \bar{y} \\ 0 + b_1\left(\frac{\bar{x}^4}{\bar{x}^3} - \bar{x}\right) + b_2\left(\frac{\bar{x}^5}{\bar{x}^3} - \bar{x}^2\right) + b_3\left(\frac{\bar{x}^6}{\bar{x}^3} - \bar{x}^3\right) + b_4\left(\frac{\bar{x}^7}{\bar{x}^3} - \bar{x}^4\right) + b_5\left(\frac{\bar{x}^8}{\bar{x}^3} - \bar{x}^5\right) = \frac{\bar{x}^3\bar{y}}{\bar{x}^3} - \bar{y} \\ 0 + b_1\left(\frac{\bar{x}^5}{\bar{x}^4} - \bar{x}\right) + b_2\left(\frac{\bar{x}^6}{\bar{x}^4} - \bar{x}^2\right) + b_3\left(\frac{\bar{x}^7}{\bar{x}^4} - \bar{x}^3\right) + b_4\left(\frac{\bar{x}^8}{\bar{x}^4} - \bar{x}^4\right) + b_5\left(\frac{\bar{x}^9}{\bar{x}^4} - \bar{x}^5\right) = \frac{\bar{x}^4\bar{y}}{\bar{x}^4} - \bar{y} \\ 0 + b_1\left(\frac{\bar{x}^6}{\bar{x}^5} - \bar{x}\right) + b_2\left(\frac{\bar{x}^7}{\bar{x}^5} - \bar{x}^2\right) + b_3\left(\frac{\bar{x}^8}{\bar{x}^5} - \bar{x}^3\right) + b_4\left(\frac{\bar{x}^9}{\bar{x}^5} - \bar{x}^4\right) + b_5\left(\frac{\bar{x}^{10}}{\bar{x}^5} - \bar{x}^5\right) = \frac{\bar{x}^5\bar{y}}{\bar{x}^5} - \bar{y} \end{cases} \quad (10)$$

Отримують нову систему рівнянь, у якій замінені відповідні коефіцієнти.

$$\begin{cases} b_0 + b_1a'_{11} + b_2a'_{12} + b_3a'_{13} + b_4a'_{14} + b_5a'_{15} = y'_1 \\ b_0 + b_1a'_{21} + b_2a'_{22} + b_3a'_{23} + b_4a'_{24} + b_5a'_{25} = y'_2 \\ b_0 + b_1a'_{31} + b_2a'_{32} + b_3a'_{33} + b_4a'_{34} + b_5a'_{35} = y'_3 \\ b_0 + b_1a'_{41} + b_2a'_{42} + b_3a'_{43} + b_4a'_{44} + b_5a'_{45} = y'_4 \\ b_0 + b_1a'_{51} + b_2a'_{52} + b_3a'_{53} + b_4a'_{54} + b_5a'_{55} = y'_5 \\ b_0 + b_1a'_{61} + b_2a'_{62} + b_3a'_{63} + b_4a'_{64} + b_5a'_{65} = y'_6 \end{cases} \quad (11)$$

Після того, як зазначені перетворення були здійснені, перший рядок і перший стовпець подумки викреслюють і продовжують зазначений процес для всіх наступних рівнянь, поки не залишиться рівняння з одним невідомим:

$$\begin{cases} b_0 + b_1a'_{11} + b_2a'_{12} + b_3a'_{13} + b_4a'_{14} + b_5a'_{15} = y'_1 \\ 0 + b_1 + b_2a''_{22} + b_3a''_{23} + b_4a''_{24} + b_5a''_{25} = y''_2 \\ 0 + 0 + b_2 + b_3a'''_{33} + b_4a'''_{34} + b_5a'''_{35} = y'''_3 \\ 0 + 0 + 0 + b_3 + b_4a''''_{44} + b_5a''''_{45} = y''''_4 \\ 0 + 0 + 0 + 0 + b_4 + b_5a'''''_{55} = y'''''_5 \\ 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + b_5 = y''''''_6 \end{cases} \quad (12)$$

Зробимо тепер зворотну підстановку. Зворотна підстановка передбачає підстановку отриманого на попередньому кроці значення змінної b_5 в попередні рівняння:

$$\begin{aligned} b_4 &= y''''_6 - b_5a''''_{55} \\ b_3 &= y''''_5 - b_4a''''_{44} - b_5a''''_{45} \\ b_2 &= y''''_4 - b_3a''''_{33} - b_4a''''_{34} - b_5a''''_{35} \\ b_1 &= y''''_3 - b_2a''''_{22} - b_3a''''_{23} - b_4a''''_{24} - b_5a''''_{25} \\ b_0 &= y''''_2 - b_1a''''_{11} - b_2a''''_{12} - b_3a''''_{13} - b_4a''''_{14} - b_5a''''_{15} \end{aligned} \quad (13)$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь за допомогою системи Excel, отримаємо поліном п'ятого порядку. Отже, ВВП України виражається через автомобільні вантажні перевезення так:

$$y = 2 \times 0,1^{-21}x^5 - 0,1^{-14}x^4 + 2 \times 0,1^{-8}x^3 - 0,0248x^2 + 13467x - 3 \times 0,1^9 \quad (14)$$

Тут коефіцієнт детермінації прийнятніший, ніж у випадку лінійного зв'язку ($R^2 = 0,5743$). Але все одно зв'язок слабкий.

На нашу думку, це пов'язано насамперед зі зростанням частки тінювого ринку на транспорті в Україні, через що в офіційній статистиці не фіксуються обсяги виконаної роботи на транспорті.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Визначимо шляхи розв'язання основних проблем автотранспортної галузі. Для цього необхідні такі заходи. По-перше, слід знизити податкове навантаження. Далі необхідно звернути особливу увагу на міжнародні вантажні перевезення, де необхідно запровадити часткову компенсацію витрат на ресурсне забезпечення. Для розвитку цієї ланки потрібно лобювати державі збільшення квоти видачі дозволів на міжнародні перевезення в Україні. Необхідна також якісна реконструкція транспортних шляхів, що зумовить неминучу транзитну привабливість країни та зниження витрат на ремонт транспортних засобів, здійснюваних вітчизняними підприємствами. Перспективним є вивчення внутрішніх і зовнішніх загроз, де необхідно запроваджувати методи управління економічною безпекою на транспортних підприємствах.

Список використаних джерел:

1. Чупрін Є. С., Кондратенко Д. В., Гелеверя Є. М. Аналіз та перспективи розвитку транспортної галузі України з позиції автотранспортних підприємств. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2019. Випуск 24. Частина 3. С. 125–130.
2. Танклевська Н. С., Чернявська Т. А. Сучасні проблеми розвитку транспортного сектора України. URL: <http://magazine.faaaf.org.ua/suchasni-problemi-rozvitku-transportnogo-sektoru-ukraini.html>
3. Nasution A. A., Erwin K., Bartuska L. Determinant Study of Conventional Transportation and Online Transportation. *International Scientific Conference on LOGI – Horizons of Autonomous Mobility in Europe 2020 Logi 2019 – Horizons of autonomous mobility in Europe*. № 44. P. 276–282.

-
4. Asturias J. Endogenous transportation costs. *European economic review*. 2020. P. 123. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014292119302272?via%3Dihub>
 5. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
 6. Про внесення змін до Порядку проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування: Постанова Кабінету Міністрів України від 07.02.2018 № 180. URL: <https://mtu.gov.ua/files>
 7. Пасажири Укрзалізниці у 2020 р. 66 % квитків придбали онлайн. Міністерство інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/news/32560.html>
 8. Транспортні питання: які перспективи розвитку галузі. URL: <https://mind.ua/openmind/20207842-transportni-pitannya-yaki-perspektivi-rozvitku-galuzi>

References:

1. Chuprin EU, Kondratenko DV, Geleverya EM Analysis and prospects of development of the transport industry of Ukraine from the standpoint of motor transport enterprises. *Scientific Bulletin of Uzhhorod National University*, Issue 24, Part 3, 2019, p. 125-130.
2. N.S. Танклевська, Т.А. Черныavska, Modern problems of development of the transport sector in Ukraine, URL: <http://magazine.faaf.org.ua/suchasni-problemi-rozvitku-transportnogo-sektori-ukraini.html>.
3. Nasution A.A., Erwin K., and Bartuska L. Determinant Study of Conventional Transportation and Online Transportation. *International Scientific Conference on LOGI - Horizons of Autonomous Mobility in Europe 2020 | Logi 2019 – Horizons of autonomous mobility in Europe*, № 44, pp.276-282.
4. Asturias J. Endogenous transportation costs. *European economic review*, 2020 123, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014292119302272?via%3Dihub>
5. State Statistics Service of Ukraine, URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
6. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 07.02.2018 № 180 “On Amendments to the Procedure for Tendering the Carriage of Passengers on a Public Bus Route”. URL: <https://mtu.gov.ua/files/>.
7. Passengers of Ukrzaliznytsia in 2020 bought 66% of tickets online. Ministry of Infrastructure of Ukraine, URL: <https://mtu.gov.ua/news/32560.html>.
8. Transport issues: what are the prospects for the development of the industry. mind. URL: <https://mind.ua/openmind/20207842-transportni-pitannya-yaki-perspektivi-rozvitku-galuzi>