

І.І. Філімоніхіна, доц., канд. ф.-м. наук, **М. Ф. Семенюта**, доц., канд. ф.-м. наук,
С.М. Якименко, доц., канд. ф.-м. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: fii@online.ua, marinafsemenyuta@gmail.com*

Прогнозування показників пасажирських перевезень на автомобільному транспорті

Інтерполяція і апроксимація часто використовуються для оцінки відсутніх значень та прогнозування майбутніх значень різних характеристик тієї чи іншої сфери людської діяльності.

Так, в автомобільному транспорті необхідно робити прогнози по основним характеристикам пасажирського транспорту, таким як кількість перевезених пасажирів та пасажирообіг. Через досить високі розкиди в значеннях обсягів перевезень пасажирів досить актуальним є достовірність прогнозування цих показників. Побудова адекватних математичних моделей і достовірні короткострокові прогнози дозволять ефективно управляти роботою автотранспорту і забезпечать підвищення якості обслуговування пасажирів на автомобільному транспорті.

часові ряди, пасажирообіг, кількість перевезених пасажирів, апроксимація, прогнозування

Постановка проблеми. Одним із специфічних і важливих секторів економіки є транспорт. На відміну від інших галузей промисловості та сільського господарства транспорт не виробляє матеріальні цінності, а лише переміщує продукцію інших галузей матеріального виробництва і людей. Транспорт поділяється на вантажний та пасажирський. Вантажний транспорт належить до виробничої сфери, так як процес виробництва закінчується доставкою продукції в місце споживання. Пасажирський транспорт належить до обслуговуючої сфери, так як займається перевезенням людей.

Основні характеристики для оцінювання роботи пасажирської транспортної галузі- це кількість перевезених пасажирів і пасажирообіг. Пасажирообіг вимірюється в пасажиро-кілометрах і представляє собою суму добутків кількості перевезених пасажирів на довжину шляху кожного перевезення.

Для оцінки ефективності роботи пасажирського автотранспорту більш інформативним є пасажирообіг.

В останні роки через виробничі особливості транспортної галузі та в зв'язку з трудовою міграцією значно зросла роль автомобільного транспорту.

Для успішного функціонування транспортної галузі необхідно прогнозувати обсяг пасажирських перевезень та пасажирообіг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автотранспорт традиційно займає провідне значення в дослідженнях проблем транспортної галузі.

В роботі [1] здійснений порівняльний аналіз енергії та викидів протягом життєвого циклу пасажирських міжміських перевезень у США авіаційним, міжміським автобусом, автомобілем.

Авторами в роботі [2] запропонований універсальний масовий індекс, що визначає енергоефективність різних видів пасажирського транспорту.

В роботі [3] розглядається набір даних повторної ідентифікації пасажирів автобуса для триплетного вбудовування базової лінії глибокого навчання.

Створенню сучасних форм та моделей функціонування пасажирських перевезень і

транспорту присвячені роботи О.І. Амоша, А.В. Базилюка, В.П. Ільчука, І.О. Хоменка та інших [4, 5].

Вчені В.П. Ільчук, А.В. Базиліук, І.О. Хоменко провели дослідження ефективності пасажирських перевезень та підвищення якості цих послуг в залежності від рівня автоматизації оплати за проїзд [5].

В роботі [6] проведено аналіз різниці між попитом і пропозицією пасажирів міського таксі у випадку спільного використання автомобілів.

Шкала комфорту для стоячих пасажирів автобуса по відношенню до певних характеристик дороги розглянута авторами в роботі [7].

В статті [8] були досліджені типологічні групи пасажирів для подальшого прогнозування попиту міського автотранспорту в умовах м. Кіровограда. Авторами був застосований метод Лайкерта для оцінки параметрів транспортного процесу.

В статті [9] авторами було проведено аналіз логістичних ланцюгів та їх окремих ланок на прикладі роботи складу транспортно-логістичного центру компанії «УВК Україна».

В статті [10] авторами запропоновано схеми обслуговування замовлень на міжнародні контейнерні перевезення вантажів.

О.С. Телетов [11] розглядав пасажирські перевезення як складову маркетингу послуг. Такий підхід дає значну ефективність, а неврахування маркетингових підходів в дослідженнях пасажирських перевезень негативно впливає на якість послуг транспорту.

Постановка завдання. Метою даної роботи є аналіз, статистична обробка та прогнозування показників пасажирських перевезень на автомобільному транспорті для Кіровоградської області.

Виклад основного матеріалу. Статистичні дані в різних галузях народного господарства часто подаються я у вигляді часових рядів. Для аналізу часових рядів застосовують сукупність математико-статистичних методів аналізу з метою визначення їх структури, а також для оперативного (короткострокового) і довгострокового прогнозування. В роботі [12] детально розглядаються часові ряди та їх основні поняття, проаналізовано методи та моделі їх графічної побудови для наглядного аналізу трендів. Серед методів прогнозування виділяють екстраполяцію, моделювання, опитування експертів. В [13] описуються і порівнюються моделі прогнозування часових рядів.

При практичному аналізі часових рядів виділяють наступні етапи:

- 1) Графічне подання і опис поведінки ряду;
- 2) Виділення закономірностей ряду, таких як тренд, сезонні та циклічні складові, тощо;
- 3) Побудова адекватної математичної моделі;
- 4) Прогнозування майбутніх значень (екстраполяція) або відновлення пропущених значень (інтерполяція).

Частка пасажирських перевезень автомобільним транспортом в останні роки постійно зменшується. Це пояснюється зносом транспортних засобів, удорожчанням паливно-мастильних матеріалів, значною часткою пільгового контингенту, відсутністю економічної підтримки держави. Також на зменшення перевезень значно вплинули карантинні обмеження та військовий стан. Такі зміни спостерігаються як у межах країни, так і у межах регіонів, зокрема в Кіровоградській області.

Проаналізуємо зміни показників пасажирообігу та кількості перевезених пасажирів в Кіровоградській області на основі даних Головного управління статистики в Кіровоградській області [15]. Дані головного управління статистики в Кіровоградській області по пасажирообігу підприємствами автомобільного транспорту представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Пасажирообіг в Кіровоградській області

№п/п	Рік	Місяць	Пасажиро-обіг (млн.пас. км)			Пасажиро-обіг (млн.пас. км)	
1	2018	січень	36,0	23	2020	січень	46,3
2		лютий	35,4	24		лютий	43,6
3		березень	39,7	25		березень	32,1
4		квітень	40,0	26		квітень	3,6
5		травень	38,7	27		травень	8,6
6		червень	35,1	28		червень	25,7
7		липень	33,8	29		липень	31,1
8		серпень	37,5	30		серпень	26,8
9		вересень	37,4	31		вересень	28,2
10		жовтень	43,1	32		жовтень	30,1
11	2019	січень	55,6	33	2021	листопад	28,4
12		лютий	53,4	34		грудень	27,4
13		березень	58,3	35		січень	23,7
14		квітень	53,8	36		лютий	25,9
15		травень	50,8	37		березень	31,8
16		червень	42,8	38		квітень	25,1
17		липень	47,0	39		травень	27,6
18		серпень	46,9	40		червень	28,2
19		вересень	47,6	41		липень	29,3
20		жовтень	47,8	42		серпень	31,0
21		листопад	44,9	43		вересень	34,0
22		грудень	49,7	44		жовтень	31,9
			45	листопад	30,1		
			46	грудень	28,7		

Джерело: розроблено авторами

Для практичного вирішення поставленої мети було використано можливості програмного пакету Microsoft Excel 2016 та математичного пакету Mathcad по аналізу статистичних даних та методах прогнозування їх зміни у визначений період. Так як пасажирообіг є більш інформативною ознакою пасажирських перевезень, дослідимо більш детально статистичні дані за період з 2018 по 2021 роки по даній ознаці.

В якості ознаки X розглядатимемо кількість млн.пас.км. З наведених даних сформуємо вибірку. Знайдемо кватилі:

$$Q_1 = 28,475; Q_2 = Me = 34,55; Q_3 = 44,575.$$

Міжквартильний розмах вимірює розкид серед 50% середніх даних і становить 13,9 млн.пас.км.

Коробкова діаграма (рис.1) дає наочне представлення числових характеристик вибірки і дає можливість ідентифікувати викиди.

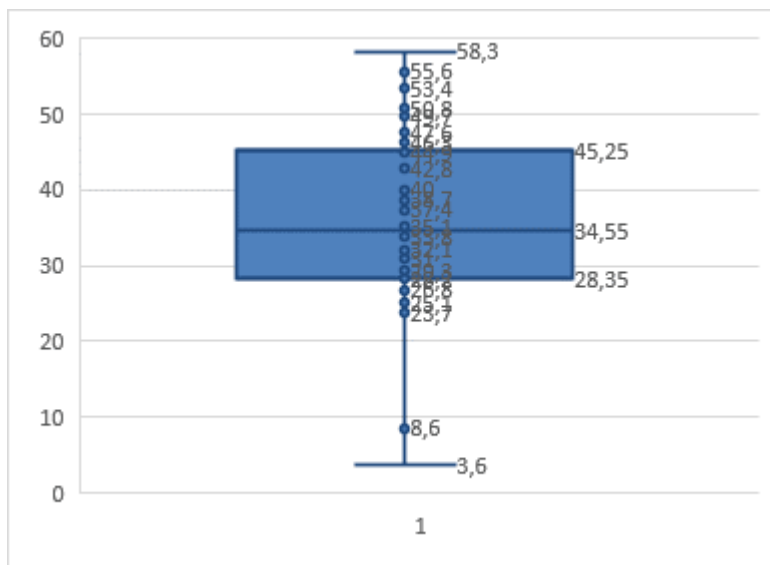


Рисунок 1 – Коробкова діаграма

Джерело: розроблено авторами

За даним розподілом вибірки побудуємо гістограму частот (рис.2).

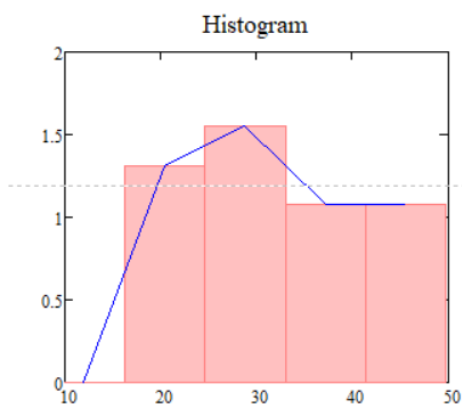


Рисунок 2 – Гістограма частот

Джерело: розроблено авторами

Проведемо обчислення числових характеристик ряду, представленого в табл.1 (табл.2).

Таблиця 2 – Числові характеристики

Вибіркове середнє	$\bar{x} \approx 35,967$
Вибіркова дисперсія	$D_n \approx 128,134$
Вибіркове середнє квадратичне відхилення	$\sigma \approx 11,324$
Виправлена вибіркова дисперсія	$s^2 \approx 128,134$
Виправлене середнє квадратичне відхилення відхилення	$s \approx 11,324$
Центральний момент третього порядку	$\mu_3 \approx -435,632$
Центральний момент четвертого порядку	$\mu_4 \approx 54820$
Коефіцієнт асиметрії	$A_s \approx -0,3$
Коефіцієнт ексцесу	$E_x \approx 3,339$

Джерело: розроблено авторами

Таким чином, в середньому очікується пасажирообіг в 35,922 млн.пас.км на місяць, а середнє відхилення від цієї величини складає 11,641 млн.пас.км, тобто пасажирообіг в середньому знаходиться в діапазоні від 24,281 до 47,563 млн.пас.км на місяць.

Асиметрія лівостороння, так як $A_s < 0$, тому переважає кількість млн.пас.км менша за середню. Чим більша асиметричність, тим далі розподіл від нормального. В нашому випадку маємо $0,25 < |A_s| < 0,5$, це свідчить про те, що асиметрія середня.

Ексцес характеризує концентрацію значень ознаки навколо математичного сподівання. $E_x < 0$, тому крива розподілу плоско-вершинна.

Похибки коефіцієнтів асиметрії та ексцесу можна знайти за відповідними формулами:

$$\delta_A = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}}; \quad \delta_E = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}}$$

Отримаємо, $\delta_E \approx 0,642$. Ці значення задовільняють нерівностям $\frac{|A_s|}{\delta_A} \approx 0,55 < 3$, $\frac{|E_x|}{\delta_E} \approx 0,31 < 3$, звідси випливає, що асиметрія і ексцес незначні в розподілі пасажирообігу і не має підстави вважати, що розподіл генеральної сукупності не близький до нормального.

При великому об'ємі вибірки ($n \geq 30$) її елементи об'єднують в інтервали (групи), представляючи результати дослідів у вигляді *інтервального статистичного ряду* (табл.3), який сформувавши за наступним алгоритмом.

1. Обчислили *розмах R варіювання* ознаки X : $R = x_{\max} - x_{\min} = 54,7$.

2. Знайшли число m інтервалів у такий спосіб:

$$m \approx 1 + \log_2 n \approx 1 + 3,322 \cdot \lg n \approx 7$$

3. Довжину h кожного інтервалу визначили за формулою:

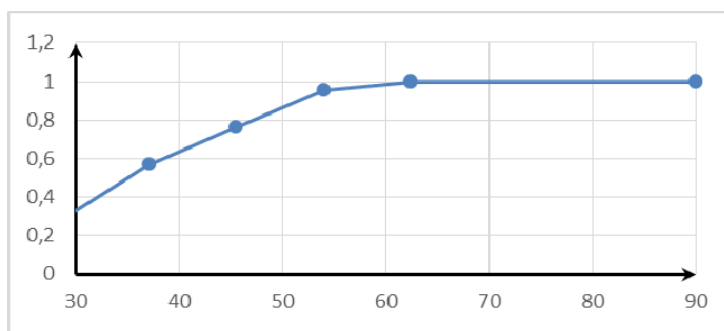
$$h = \frac{R}{m} \approx 8,4.$$

Таблиця 3 – Інтервальный статистичний ряд

x_i	x_{i+1}	частота n_i
3,6	12,0	2
12,0	20,4	0
20,4	28,8	11
28,8	37,2	13
37,2	45,6	9
45,6	54,0	9
54,0	62,4	2

Джерело: розроблено авторами

На рис. 3 наведена емпірична функція розподілу неперервної ознаки X . Її вигляд нагадує функцію розподілу ймовірностей нормально розподіленої випадкової величини.



Рисунк 3 – Емпірична функція розподілу

Джерело: розроблено авторами

На основі проведених досліджень висунемо гіпотезу про нормальний розподіл генеральної сукупності. При рівні значущості $\alpha = 0,05$ перевіримо, чи узгоджується ця гіпотеза з заданим емпіричним розподілом вибірки. Для цього скористаємося критерієм Пірсона.

З ймовірністю 95% можна стверджувати, що величина пасажирообігу на місяць підпорядковується нормальному закону розподілу.

Далі знайдемо 95% довірчий інтервал для середнього значення пасажирообіг в млн.пас.км на місяць.

Довірчий інтервал набуває виду: $(\bar{x} - \Delta; \bar{x} + \Delta) = (32,658; 39,275)$. Невеликий довірчий інтервал вказує на точність вибіркової оцінки.

Для прогнозування показників автомобільного транспорту, таких як кількість перевезених пасажирів та пасажирообіг скористаємося можливостями програмного пакету Microsoft Excel 2016.

В таблиці 4 наведені статистичні значення кількості перевезених пасажирів та пасажирообігу в Кіровоградській області з 2012 по 2021 роки [14].

Таблиця 4 – Пасажирообіг та кількість перевезених пасажирів в Кіровоградській області

№ п/п	рік	Пасажирообіг (млн.пас.км)	Перевезено Пасажирів (млн.)
1	2012	1268	86
2	2013	1051	67
3	2014	883	47,7
4	2015	853	48,5
5	2016	828	47
6	2017	681	41,8
7	2018	676	49,6
8	2019	599	47,6
9	2020	332	25,4
10	2021	347	28,7

Джерело: розроблено авторами

Так як статистичні дані за 2022 та 2023 роки відсутні в зв'язку з воєнним станом, проведемо аналіз наявних статистичних даних для відновлення відсутніх даних та прогнозування об'ємів перевезених пасажирів та пасажирообігу на 2024 рік. Результати для пасажирообігу представлені на рисунках 4 та 5. На рисунках в першому рядку таблиці даних наведені фактичні статистичні дані пасажирообігу, а в другому – теоретично розраховані дані за відповідною моделлю трендової залежності.

Для пасажирообігу були вибрані два типи моделей трендових залежностей:

- лінійна модель виду

$$y = -93,458x + 1265,8$$

з величиною достовірності апроксимації

$$R^2 = 0,9439 ;$$

- експоненціальна модель виду

$$y = 1474,9e^{-0,137x}$$

з величиною достовірності апроксимації

$$R^2 = 0,9002$$

З рисунків видно, що лінії тренду візуально досить точно відображають відповідність трендової зміни та тенденцію до спадання показника пасажирообігу за розглянутий період часу. Лінійна модель дещо краща і надає нижню межу зміни показника пасажирообігу. Відхилення прогнозованого значення цього показника буде становити 5,6%.

Зважаючи на досить високі коефіцієнти апроксимації, можна зробити висновок, що обидві моделі придатні для прогнозування пасажирообігу на автомобільному транспорті в Кіровоградській області в 2024 році. Прогнозоване значення цього показника буде складати 248 млн. пас. км для в прогнозованому діапазоні 51...299 млн. пас. км з довірчим інтервалом в 95%.

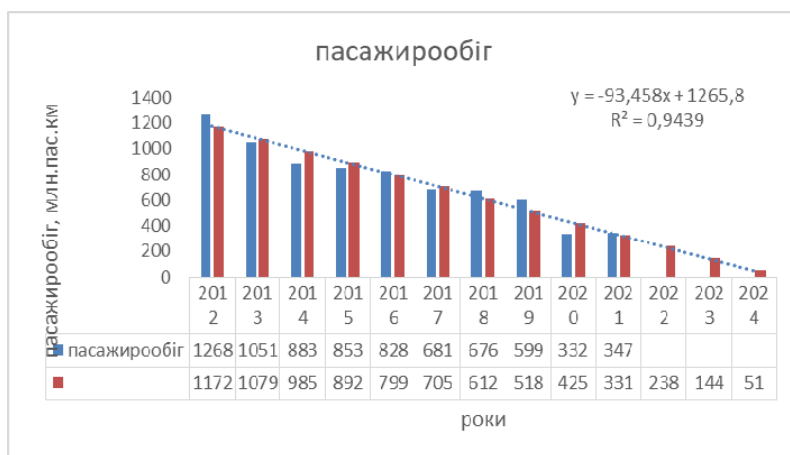


Рисунок 4 – Зміна пасажирообігу в Кіровоградській області в 2012 – 2021 роках з прогнозом на 2022-2024 роки за лінійною моделлю

Джерело: розроблено авторами

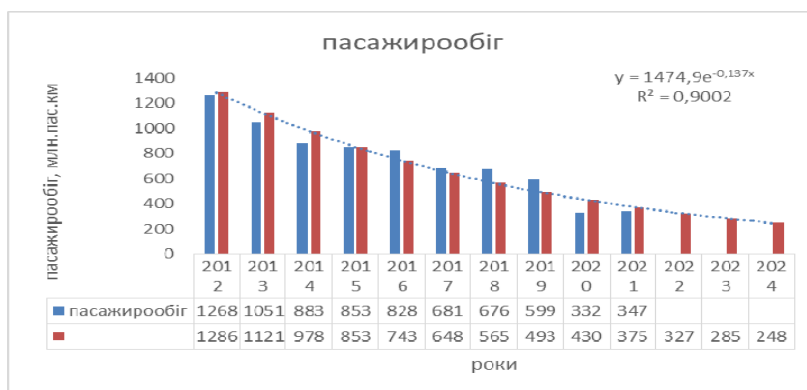


Рисунок 5 – Зміна пасажирообігу в Кіровоградській області в 2012-2021 роки з прогнозом на 2022-2024 роки за експоненціальною моделлю

Джерело: розроблено авторами

Аналогічно досліджуємо інший показник пасажирських перевезень - кількість перевезених пасажирів. Результати представлені на рисунках 6 та 7. В першому рядку таблиці даних наведено фактичні статистичні дані, в другому - розраховані по відповідній моделі трендової залежності.

Для показника кількість перевезених пасажирів були вибрані два типи моделей трендових залежностей:

- лінійна модель виду

$$y = -4,9048x + 75,907,$$

з величиною достовірності апроксимації

$$R^2 = 0,7291,$$

- поліноміальна модель виду

$$y = 0,0443x^4 - 1,3238x^3 + 13,37x^2 - 56,255x + 131,68,$$

з величиною достовірності апроксимації

$$R^2 = 0,9243.$$

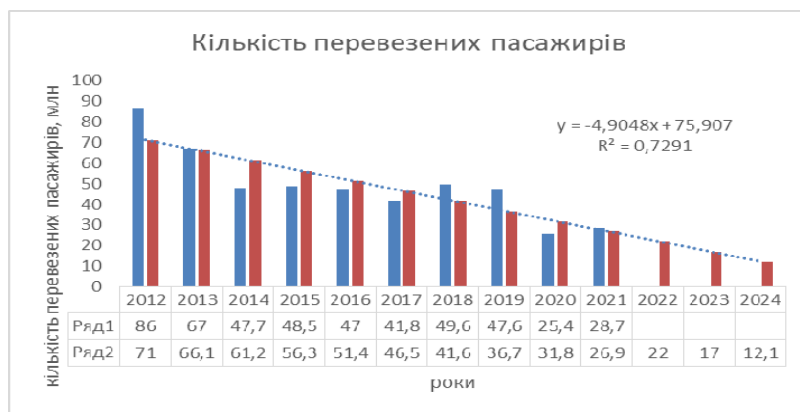


Рисунок 6 – Зміна кількості перевезених пасажирів в Кіровоградській області в 2012-2021 роки з прогнозом на 2022-2024 роки за лінійною моделлю

Джерело: розроблено авторами

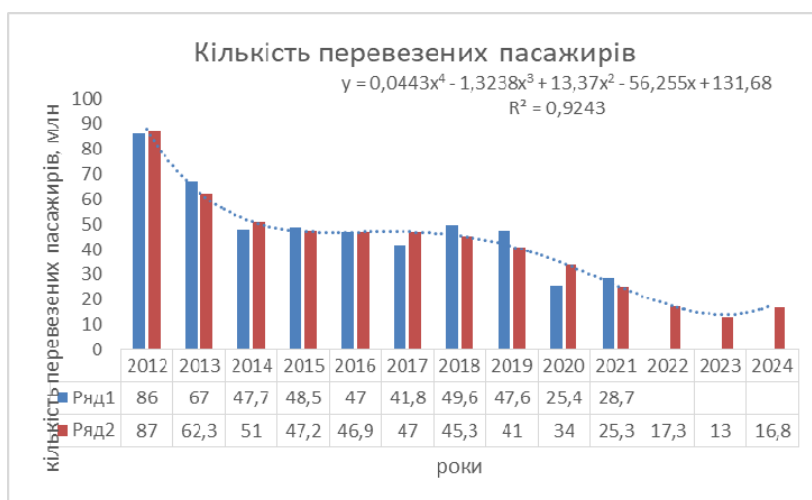


Рисунок 7. – Зміна кількості перевезених пасажирів в Кіровоградській області в 2012-2021 роки з прогнозом на 2022-2024 роки за поліноміальною моделлю

Джерело: розроблено авторами

З рисунків видно, що лінії тренду візуально досить точно відображають відповідність трендової зміни та тенденцію до спадання показника кількості перевезених пасажирів за розглянутий період часу. Лінійна модель показника кількості перевезених пасажирів дає можливість спрогнозувати нижню межу цього показника. Відхилення прогнозованого значення досліджуваного показника за лінійною моделлю 27%, а за поліноміальною – 7,6%.

Зважаючи на досить високі коефіцієнти апроксимації, можна зробити висновок, що обидві моделі придатні для прогнозування кількості перевезених пасажирів на автомобільному транспорті в Кіровоградській області в 2024 році. Прогнозоване значення цього показника буде складати 16,8 млн. для в прогнозованому діапазоні 12,1...28,9 млн. з довірчим інтервалом в 95%.

Висновки. В результаті проведеної роботи по аналізу, статистичній обробці та прогнозуванню таких показників пасажирського автомобільного транспорту, як кількість перевезених пасажирів та пасажирообігу, встановлено, що:

- 1) при існуючій ситуації на ринку перевезень та соціально-політичній ситуації в країні буде спостерігатись падіння цих показників;
- 2) застосування адекватних математичних моделей поведінки пасажирообігу та кількості перевезених пасажирів дозволило визначити обсяги пасажирських автомобільних перевезень та пасажирообіг на майбутній період з високим ступенем достовірності;
- 3) результати досліджень можна застосувати для прогнозування потреб в матеріально-технічних, трудових, фінансових ресурсах для ефективної роботи підприємств автомобільного транспорту в Кіровоградській області.

Список літератури

1. Liu, H., Xu, Y., Stockwell, N., Rodgers, M. O., & Guensler, R. A comparative life-cycle energy and emissions analysis for intercity passenger transportation in the U.S. by aviation, intercity bus, and automobile. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 267-283. doi:10.1016/j.trd.2016.08.027.
2. Zheng, J., Lin, J., Allwood, J. M., & Dean, T. A universal mass-based index defining energy efficiency of different modes of passenger transport. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture* 2021. 4(4). Pp. 423-433. doi:10.1016/j.ijlmm.2021.06.004
3. Guo, J., Xue, Y., Cai, J., Gao, Z., Xu, G., & Zhang, H. A bus passenger reidentification dataset and a deep learning baseline-using triplet embedding. *Multimedia Tools and Applications*. 2021. 80(11). Pp. 16425-16440. doi:10.1007/s11042-020-08944-0
4. Амоша О.І., Філіппова О.С. Європейський досвід забезпечення ефективного функціонування підприємств міського пасажирського транспорту. *Економіка будівництва і міського господарства*. 2010. № 4. С.179 – 189.
5. Ільчук В.П., Базилук А.В., Хоменко І.О. Організаційно-економічні засади реформування міського пасажирського транспорту. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2015. № 1. С. 42-49.
6. Wang, Z. Z., Liu, X. Y. Analysis on difference between supply and demand of urban taxi passenger in the case of carpooling. *Applied mechanics and materials*. 2014. Pp. 543-547.4378-4382. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.
7. Maternini, G., Cadei, M. A comfort scale for standing bus passengers in relation to certain road characteristics. *Transportation Letters*. 2014. 6(3). Pp. 136-141. doi: 10.1179/1942787514Y.0000000020
8. Аулін В.В., Голуб Д.В. Теоретичне обґрунтування прогнозування розподілу попиту пасажирів на послуги різних типів міського транспорту. *Вісник ЖДТУ*. 2014. № 2(69). С.16-20.
9. Aulin, V., Hrynkiv, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., Lysenko, S., Holub, D., Zamota, T., Pankov, A., Sokol, M., Ratynskiy, V., Lavrentieva, O. Increasing the functioning efficiency of the working warehouse of the “Uvk Ukraine” company transport and logistics center. *Scientific Letters of the University of Zilina*. 2020. 22(2). Pp. 3-14.
10. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V., Sokol, M. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system *Scientific Letters of the University of Zilina*. 2019. 21(2). Pp. 3-12.

11. Телетов О.С., Васильева О.А. Маркетингові дослідження в системі міських пасажирських перевезень. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2012. № 2. С. 13-21.
12. Солодка Д. М. Поняття часового ряду, його пам'яті в технічному аналізі. *Наука і молодь. Гуманітарна серія*. 2012. №11-12. С. 35-38.
13. Широкопетлева М.С., Пономаренко О.А., Дудар З.В. Порівняння методів прогнозування часових рядів. *Бионика интеллекта*. 2018. № 2 (91). С. 41–47.
14. Головне управління статистики у Кіровоградській області. URL: <http://www.kr.ukrstat.gov.ua/>

References

1. Liu, H., Xu, Y., Stockwell, N., Rodgers, M. O., & Guensler, R. (2016). A comparative life-cycle energy and emissions analysis for intercity passenger transportation in the U.S. by aviation, intercity bus, and automobile. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 267-283. doi:10.1016/j.trd.2016.08.027 [in English].
2. Zheng, J., Lin, J., Allwood, J. M., & Dean, T. (2021). A universal mass-based index defining energy efficiency of different modes of passenger transport. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*, 4(4), 423-433. doi:10.1016/j.ijlmm.2021.06.004 [in English].
3. Guo, J., Xue, Y., Cai, J., Gao, Z., Xu, G., & Zhang, H. (2021). A bus passenger reidentification dataset and a deep learning baseline-using triplet embedding. *Multimedia Tools and Applications*, 80(11), 16425-16440. doi:10.1007/s11042-020-08944-0 [in English].
4. Amosha, O.I. & Filippova, O.S. (2010), Yevropejs'kyj dosvid zabezpechennia efektyvnoho funktsionuvannya pidpriemstv mis'koho pasazhyrs'koho transportu [European experience of ensuring the efficient functioning of urban passenger transport enterprises]. *Ekonomika budivnytstva i mis'koho hospodarstva - Economics of construction and urban economy*, 4, pp. 179-189 [in Ukrainian].
5. Il'chuk, V.P., Bazyl'iu, A.V. & Khomenko, I.O. (2015). Orhanizatsijno-ekonomichni zasady reformuvannya mis'koho pasazhyrs'koho transportu [Organizational and economic principles of reforming urban passenger transport]. *Problemy i perspektyvy ekonomiky ta upravlinnia - Problems and prospects of economics and management*, 1, 42-49 [in Ukrainian].
6. Wang, Z. Z. & Liu, X. Y. (2014). Analysis on difference between supply and demand of urban taxi passenger in the case of carpooling. *Applied mechanics and materials*. Pp. 543-547.4378-4382. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.543-547.4378 [in English].
7. Maternini, G. & Cadei, M. (2014). A comfort scale for standing bus passengers in relation to certain road characteristics. *Transportation Letters*, 6(3), 136-141. doi: 10.1179/1942787514Y.0000000020
8. Aulin, V.V. & Holub, D.V. (2014). Teoretychne obhruntuvannya prohnozuvannya rozpodilu popytu pasazhyriv na posluhy riznykh typiv mis'koho transportu [Theoretical rationale for forecasting the distribution of passenger demand for services of various types of urban transport]. *Visnyk ZhDTU - Bulletin of ZHTU*, № 2(69), 16-20 [in Ukrainian].
9. Aulin, V., Hrynkiv, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., Lysenko, S., Holub, D., Zamota, T., Pankov, A., Sokol, M., Ratynskiy, V., Lavrentieva, O. (2020) Increasing the functioning efficiency of the working warehouse of the “Uvk Ukraine” company transport and logistics center. *Scientific Letters of the University of Zilina*, 22(2), pp. 3-14 [in English].
10. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V., Sokol, M. (2019). Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. *Scientific Letters of the University of Zilina*, 21(2), pp. 3-12 [in English].
11. Tielietov, O.S. & Vasyl'ieva, O.A. (2012). Marketynhovi doslidzhennia v systemi mis'kykh pasazhyrs'kykh perevezen' [Marketing research in the urban passenger transport system]. *Marketynh i menedzhment innovatsij - Marketing and innovation management*, 2, 13-21 [in Ukrainian].
12. Solodka, D.M. (2012). Poniattia chasovoho riadu, joho pam'iaty v tekhnichnomu analizi [The concept of time series, its memory in technical analysis]. *Nauka i molod'. Humanitarna seriia - Science and youth. Humanitarian series*, 11-12, 35-38 [in Ukrainian].
13. Shyrokopetlieva, M.S., Ponomarenko, O.A. & Dudar, Z.V. (2018). Porivniannia metodiv prohnozuvannya chasovykh riadiv [Comparison of time series forecasting methods]. *Byonyka yntellekta - Bionics of intelligencem*, 2 (91), 41–47 [in Ukrainian].
14. Holovne upravlinnia statystyky u Kirovohrads'kij oblasti [Main Department of Statistics in Kirovograd region] (2024). Retrieved from: <http://sumy.ukrstat.gov.ua/?menu=38&level=3> [in Ukrainian].

Iryna Filimonikhina, Assos. Prof., PhD phys.& math. sci., **Marina Semeniuta**, Assos. Prof., PhD phys.& math. sci., **Serhiy Yakymenko**, Assos. Prof., PhD phys.& math. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Forecasting indicators of passenger transportation by road transport

The development of the automotive industry is significantly influenced by changes in the socio-economic and socio-political situations in the country. These changes cause changes in such indicators of passenger transport as the number of transported passengers and passenger traffic. In recent years, there has been a tendency for these indicators to fall.

The purpose of this study is to obtain reliable short-term forecast estimates for the number of transported passengers and passenger traffic in the Kirovohrad region.

In the work, an analysis of statistical data on the number of transported passengers and passenger traffic of the Main Department of Statistics in the Kirovohrad Region was carried out.

For the analysis, standard methods of time series research were used using the Microsoft Excel 2016 software package and the Mathcad mathematical package for the analysis of statistical data and methods of forecasting their changes in a certain period.

Linear and exponential models of trend dependencies were chosen for passenger traffic.

The number of transported passengers was studied using linear and polynomial models of trend dependencies.

As a result of the work carried out on the analysis, statistical processing and forecasting of such indicators of passenger road transport as the number of transported passengers and passenger traffic, it was established that with the existing situation on the transportation market and the socio-political situation in the country, a decline in these indicators will be observed.

The application of adequate mathematical models of the behavior of passenger traffic and the number of transported passengers made it possible to determine the volume of passenger road transport and passenger traffic for the future period with a high degree of reliability. The results of the research can be used to determine the needs for material, technical, labor, and financial resources for the effective operation of road transport enterprises in the Kirovohrad region.

time series, passenger traffic, number of transported passengers, approximation, forecasting

Одержано (Received) 30.04.2024

Прорецензовано (Reviewed) 04.06.2024

Прийнято до друку (Approved) 26.06.2024

УДК 656.078

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.229-240](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.229-240)

Ю.Б. Коваль, асп., **О.В. Чорна**, доц., канд. екон. наук, **П.В. Попович**, проф., д-р техн. наук, **О.С. Шевчук**, доц., канд. техн. наук, **І.О. Лоїк**, асп., **С.А. Мишко**, асп., **М.О. Вітрук**, асп., **В.О. Дрожай**, асп.

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна

e-mail: o.romanyshyn@wuni.edu.ua

Особливості розвитку ринку транспортних послуг

У статті розглянуто основні тенденції розвитку ринку транспортної логістики в розрізі пасажирських, а також вантажних перевезень. Аналітично досліджено основні чинники, які є визначниками діяльності з позицій динаміки розвитку транспортних компаній. Проаналізовано економічну активність галузі транспорту з дослідженнями структурних компонентів ринків вантажних і пасажирських перевезень, а також базових залежностей функціонування з їх впливом на динаміку розвитку логістичного ринку. Розглянуто тренди транспортної логістики на основі дослідження характеристик та особливостей перевезень за видами транспорту. Визначено базових замовників клієнтів транспортних компаній, що формують сталий портфель замовлень транспортних послуг, зокрема доведено, що стійкість зростання транспортно-логістичного ринку, ріст обсягів перевезень в Україні базується на транспортуванні вантажів, що мають пряме чи опосередковане відношення до галузі

© Ю.Б. Коваль, О.В. Чорна, П.В. Попович, О.С. Шевчук, І.О. Лоїк, С.А. Мишко, М.О. Вітрук, В.О. Дрожай, 2024