УДК 519.862
UDC 519.862
DOI: 10.33744/2308-6645-2022-1-51-260-266

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДО ПОБУДОВИ ЛІНІЙНОЇ БАГАТОФАКТОРНОЇ МОДЕЛІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Лебідь В.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, vikky85@ukr.net, orcid.org/0000-0002-1260-3760

Мейш Ю.А., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, juliameish@gmail.com, orcid.org/000-0001-7492-700X

Майбородіна Н.В., кандидат фізико-математичних наук, Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут», Ніжин, Україна, natashamai2311@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1754-6790

Герасименко В.П., Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут», Ніжин, Україна, syavagvp@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4017-1141

APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING TO THE CONSTRUCTION OF A LINEAR MULTIFACTOR MODEL OF CARGO TRANSPORTATION IN INTERNATIONAL CONNECTION

Lebid V.V., Ph.D. of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine, vikky85@ukr.net, orcid.org/0000-0002-1260-3760

Meish Yu.A., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine, juliameish@gmail.com, orcid.org/0000-0001-7492-700X

Maiborodina N.V., Ph.D (Physics and Mathematics), Separated Subdivision National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine «Nizhyn Agrotechnical Institute» Nizhyn, Ukraine, natashamai2311@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1754-6790

Gerasymenko V. P., Separated Subdivision National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine «Nizhyn Agrotechnical Institute» Nizhyn, Ukraine, syavagvp@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4017-1141

Постановка проблеми. Побудова моделей економічних явищ та процесів відіграє важливу роль в сучасній економіці. При цьому, в основному будуються парні моделі взаємозв'язку. Дослідження більшості економічних явищ та процесів показали, що певні результативні ознаки змінюються під впливом не одного, а кількох факторів. На сьогодні досить не велика кількість робіт пов'язаних з побудовою моделей перевезень вантажів у міжнародному сполученні, зокрема багатофакторних моделей. Цей фактор обумовлює актуальність теми даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як показує літературний огляд по темі дослідження, в цьому напрямку слід відмітити роботи по побудові і дослідженню парних моделей взаємозв'язку [3, 8, 9]. Розв’язок даних задач базується, в основному, на застосуванні методу найменших квадратів [3 – 5]. Методика побудови і дослідження багатофакторних моделей розглянута в роботах [1, 2, 6, 7].

Метою роботи є постановка та побудова лінійної багатофакторної моделі перевезень вантажів у міжнародному сполученні.

Виклад основного матеріалу. Розглядається задача про побудову лінійної багатофакторної моделі міжнародних вантажних перевезень. Основним методом дослідження є математичне моделювання. Правильно побудована модель повинна давати відповідь на питання про кількісну оцінку обсягуміжнародних вантажних перевезень в залежності від змін зовнішнього середовища. Практична значимість побудованої моделі визначається тим, що її застосування дозволяє виявити реально існуючі зв'язки, дати обґрунтований прогноз розвитку міжнародних вантажних перевезень в заданих умовах.

Для успішної побудови математичної моделі міжнародних вантажних перевезень і їх прогнозування застосуємо поширений метод оцінювання параметрів моделі та врахуємо особливості економічної інформації, з метою кількісного вимірювання взаємозв’язку між досліджуваними процесами. Поряд з логічно правильним формальним застосуванням наявного математичного

інструментарію важливими складовими успіху дослідження є економічно адекватна постановка задачі та подальша економічна інтерпретація отриманих результатів.

Основні етапи аналізу

1. Аналіз статистичних даних підприємства.
2. Висунення гіпотези взаємозв'язку. Постановка задачі.
3. Специфікація моделі– вибір форми аналітичної залежності між показниками на підставі логічних міркувань.
4. Формулювання гіпотези у вигляді математичних співвідношень, які встановлюють зв'язки між основними змінними за припущення, що всі інші змінні є випадковими.
5. Обробка та підготовка статистичної інформації.
6. Оцінювання параметрів багатофакторної моделі.
7. Застосування моделі для прогнозування розвитку процесу перевезень вантажів у міжнародному сполученні.

Підприємство орендує або надає в оренду вантажні автомобілі, які здійснюють перевезення вантажів у міжнародному сполученні. У зв'язку з цим, можна висунути гіпотезу, що на основі даних за 2021 рік, можна висунути гіпотезу щодо побудови моделі прогнозування міжнародних вантажних перевезень на наступний рік. Моделювання набуває особливого значення для підприємств, оскільки дає змогу вивчати можливі обсяги перевезень вантажів у міжнародному сполученні без проведення експериментів на підприємстві.

Значення та вплив будь-якого економічного показника залежить від зовнішніх факторів, тому їх всі врахувати неможливо. Але в цьому і немає потреби. Зазвичай лише обмежена кількість факторів насправді істотно впливає на досліджуваний показник. Вплив інших факторів настільки незначний, що їх ігнорування не може призвести до істотних відхилень у поведінці досліджуваного об'єкта. Важливою передумовою якісного аналізу, прогнозування та керування ситуацією є виокремлення і врахування в моделі лише обмеженої кількості реально домінуючих факторів. При розгляді зв'язку між двома змінними величинами важливо встановити, яка з ознак є причиною, а яка – наслідком.

На основі даних про щомісячні обсяги кількості рейсів у міжнародному сполученні за 2021 рік (од.), загальний пробіг (км), пробіг з вантажем (км) та обсяг вантажу (т) виконаємо: 1) побудову моделі; 2) інтерпретацію оцінки параметрів моделі. Вихідні дані наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Динаміка обсягів перевезень у міжнародному сполученні за 2021 рік
Table 1 – Dynamics of international traffic in 2021

Місяць	Кількість рейсів	Загальний пробіг	Пробіг з вантажем	Обсяг вантажу
Січень	17	77585	67761	627,71
Лютий	24	109119	93990	848,4
Березень	25	110835	94939	886,34
Квітень	30	135919	118499	1165,4
Травень	24	107075	95672	877,41
Червень	26	115232	101366	931,90
Липень	29	62435	114099	1098,81
Серпень	30	131521	114674	1091,60
Вересень	23	101972	80303	857,67
Жовтень	32	138012	123093	1093,0
Листопад	27	121308	103661	633,34
Грудень	20	90332	77692	685,00

1) Побудова моделі. З логічних міркувань приймаємо, що кількість рейсів залежить від загального пробігу, пробігу з вантажем та обсягу вантажу.

Ідентифікуємо змінні: y – кількість рейсів (залежна змінна); x_1 – загального пробігу (незалежна змінна); x_2 – пробігу з вантажем (незалежна змінна); x_3 – обсягу вантажу (незалежна змінна).

Специфікуємо модель в лінійній формі.

Теоретична лінійна модель множинної регресії має вигляд (1):

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + u\,, \tag{1}$$

де a_0, a_1, a_2, a_3 – параметри моделі, u – випадкова складова або залишки.

Емпірична лінійна модель множинної регресії має вигляд (2):

$$\hat{y} = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 x_1 + \hat{a}_2 x_2 + \hat{a}_3 x_3\,, \tag{2}$$

де $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2, \hat{a}_3$ – оцінки параметрів моделі.

Оскільки ми маємо справу з вибірковою моделлю (побудована для вибірки), то параметри вибіркової моделі є випадковими величинами, а їх математичне сподівання дорівнює параметрам моделі для генеральної сукупності. Для того, щоб визначити параметри моделі для генеральної сукупності, необхідно за вибіркою отримати якомога кращі оцінки параметрів, тобто значення, найближчі до параметрів моделі генеральної сукупності. З цією метою будемо використовувати метод найменших квадратів.

Знайдемо оцінки $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2, \hat{a}_3$ параметрів моделі методом найменших квадратів, використовуючи оператор оцінювання параметрів моделі (3):

$$\hat{A} = \left(X^T \cdot X\right)^{-1} \cdot X^T \cdot Y\,, \tag{3}$$

де $\hat{A}$ – вектор оцінок параметрів $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2, \hat{a}_3$; X^T – матриця, транспонована до матриці X; $\left(X^T \cdot X\right)^{-1}$ – матриця, обернена до матриці $X^T \cdot X$.

Для відшукання вектора оцінок $\hat{A}$ виконаємо наступні кроки.

Запишемо вихідні дані в матричному вигляді: вектор-стовпець залежної змінної $Y_{12\times1}$ та матрицю незалежних змінних $X_{12\times4}$ (оскільки вважаємо, що в моделі присутня оцінка $\hat{a}_0$, то в перший стовпець матриці X записуємо одиниці) (числа 12×1 та 12×4 вказують на розмір матриць – кількість рядків та стовпців матриці):

$$Y_{12\times1} = \begin{pmatrix} 17 \\ 24 \\ 25 \\ 30 \\ 24 \\ 26 \\ 29 \\ 30 \\ 23 \\ 32 \\ 27 \\ 20 \end{pmatrix}, \qquad X_{12\times4} = \begin{pmatrix} 1 & 77585 & 67761 & 627{,}71 \\ 1 & 109119 & 93990 & 848{,}4 \\ 1 & 110835 & 94939 & 886{,}34 \\ 1 & 135919 & 118499 & 1165{,}4 \\ 1 & 107075 & 95672 & 877{,}41 \\ 1 & 115232 & 101366 & 931{,}9 \\ 1 & 62435 & 114099 & 1098{,}81 \\ 1 & 131521 & 114674 & 1091{,}6 \\ 1 & 101972 & 80303 & 857{,}67 \\ 1 & 138012 & 123093 & 1093 \\ 1 & 121308 & 103661 & 633{,}34 \\ 1 & 90332 & 77692 & 685 \end{pmatrix}.$$

Запишемо матрицю X^T – транспоновану до матриці X:

$$X^T_{4\times 12} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 77585 & 109119 & 110835 & 135919 & 107075 & 115232 & 62435 & 131521 & 101972 & 138012 & 121308 & 90332 \\ 67761 & 93990 & 94939 & 118499 & 95672 & 101366 & 114099 & 114674 & 80303 & 123093 & 103661 & 77692 \\ 627,71 & 848,4 & 886,34 & 1165,4 & 877,41 & 931,9 & 1098,81 & 1091,6 & 857,67 & 1093 & 633,34 & 685 \end{pmatrix}$$

Знайдемо добуток матриць $X^T \cdot X$:

$$X^T \cdot X = \begin{pmatrix} 12 & 1301345 & 1185749 & 10796,58 \\ 1301345 & 1469452343\,03 & 1310426091\,36 & 1188432908,91 \\ 1185749 & 1310426091\,36 & 1204601138\,03 & 1095765947,43 \\ 10796,58 & 1188432908,91 & 1095765947,43 & 10095409,44 \end{pmatrix}.$$

Зверніть увагу на те, що елементи матриці $X^T \cdot X$ симетричні відносно головної діагоналі. Знайдемо матрицю $\left(X^T \cdot X\right)^{-1}$, обернену до матриці $X^T \cdot X$ (оскільки матриця розміру $\left(X^T \cdot X\right)_{4\times 4}$, то обернена до неї матриця такого ж розміру $\left(X^T \cdot X\right)^{-1}_{4\times 4}$):

$$\left(X^T \cdot X\right)^{-1} = \begin{pmatrix} 3,38744818\,89 & -0,00000925\,62 & -0,00001839\,44 & -0,00053653\,14 \\ -0,00000925\,62 & 0,00000000\,03 & -0,00000000\,03 & 0,00000000\,8 \\ -0,00001839\,44 & -0,00000000\,03 & 0,00000000\,12 & -0,00000007\,71 \\ -0,00053653\,14 & 0,00000000\,8 & -0,00000007\,71 & 0,00000809\,63 \end{pmatrix}.$$

Зверніть увагу на те, що елементи матриці $\left(X^T \cdot X\right)^{-1}$ також симетричні відносно головної діагоналі.

Знайдемо добуток матриць $X^T \cdot Y$. Оскільки $X^T_{4\times \underline{12}} \cdot Y_{\underline{12}\times 1} = \left(X^T \cdot Y\right)_{4\times 1}$, одержимо матрицю:

$$X^T \cdot Y = \begin{pmatrix} 307 \\ 33952019 \\ 31155509 \\ 283556,49 \end{pmatrix}.$$

Знайдемо матрицю $\hat{A}$, яка являє собою добуток матриці $\left(X^T \cdot X\right)^{-1}$ на матрицю $X^T \cdot Y$.

Оскільки $\left(X^T \cdot X\right)^{-1}_{4\times \underline{4}} \cdot \left(X^T \cdot Y\right)_{\underline{4}\times 1} = \hat{A}_{4\times 1}$, одержимо:

$$\hat{A} = \begin{pmatrix} 0,45545 \\ 0,00001 \\ 0,00023 \\ 0,00152 \end{pmatrix}.$$

Знайдені методом найменших квадратів оцінки параметрів такі:

$$\hat{a}_0 = 0,45545; \quad \hat{a}_1 = 0,00001; \quad \hat{a}_2 = 0,00023; \quad \hat{a}_3 = 0,00152.$$

Отже, теоретична лінійна модель множинної регресії має вигляд:

$$y = 0{,}45545 + 0{,}00001x_1 + 0{,}00023x_2 + 0{,}00152x_3 + u. \quad (4)$$

Для практичного застосування даної моделі, випадкову складову u в формулі (4) відкидаємо і одержуємо емпіричну лінійну модель множинної регресії:

$$y = 0{,}45545 + 0{,}00001x_1 + 0{,}00023x_2 + 0{,}00152x_3. \quad (5)$$

2) Інтерпретуємо оцінки параметрів моделі.

Оцінка $\hat{a}_1 = 0{,}00001$ показує, що при збільшенні загального пробігу на 1 км кількість рейсів зростає на $0{,}00001$ одиниці (за умови, що пробіг з вантажем та обсяг вантажу залишаться не змінними).

Оцінка $\hat{a}_2 = 0{,}00023$ показує, що при збільшенні пробігу з вантажем на 1 км кількість рейсів зростає на $0{,}00023$ одиниці (за умови, що ціна конкуруючого товару та ціна власного товару будуть не змінними).

Оцінка $\hat{a}_3 = 0{,}00152$ показує, що при збільшенні обсягу вантажу на 1 т кількість рейсів зростає на $0{,}00152$ одиниці (за умови, що ціна конкуруючого товару та рівень доходу споживачів будуть не змінними).

Для прийняття рішення про зміни в перевезенні вантажу обов'язково слід проаналізувати, якою мірою змінюється кількість рейсів зі зміною загального пробігу, пробігу з вантажем та обсягу вантажу.

Спрогнозуємо кількість рейсів $y_{пр}$ за умови, що загальний пробіг – $x_{1пр} = 100000$ км, пробіг з вантажем – $x_{2пр} = 90000$ км та обсяг вантажу – $x_{3пр} = 1000$ т. Обчислимо кількість рейсів, використовуючи формулу (5):

$$y_{пр} = 0{,}45545 + 0{,}00001 \cdot 100000 + 0{,}00023 \cdot 90000 + 0{,}00152 \cdot 1000 = 23{,}6338.$$

Після округлення $23{,}6338$ до цілих отримаємо прогнозовану кількість рейсів $y_{пр} = 24$.

Висновки. В даній роботі представлена постановка задачі про залежність кількості міжнародних рейсів від загального пробігу, пробігу з вантажем та обсягу вантажу. Побудована багатофакторна лінійна модель для заданої залежності. Наведена інтерпретація оцінок параметрів моделі. Одержана модель дає змогу проводити кількісний аналіз роботи підприємства та прогнозувати кількість рейсів при заданих значеннях загального пробігу, пробігу з вантажем та обсягу вантажу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Анфилатов В.С. Системный анализ в управлении / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукеушкин // Учебное пособие под ред. А.А.Емельянова. – М. Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

2. Горбачев П.Ф. Подход к построению модели функционирования транспортного процесса при международных перевозках / П.Ф. Горбачев, Т.В. Немна // Автомобильный транспорт, 2015. № 37. С. 39–48

3. Грачевая М.В. Количественные методы в экономических исследованиях: учебник для вузов / М.В. Грачевая, Л.Н. Фадеева, Ю.Н.Черемных. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 794 с.

4. Біліченко В.В. Моделювання стратегій розвитку організаційно-технічних виробничих систем на автомобільному транспорті / Біліченко В.В.// Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2009, №2. - С. 103-107.

5. Лугінін О.Є. Економетрія: навч. посібник / Лугінін О.Є, Білоусова С.В., Білоусов О.М. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 254 с.

6. Майбородіна Н.В. Економетрика: навчальний посібник / Майбородіна Н.В. – Ніжин: ПП Лисенко М.М., 2021. – 280 с.

7. Наконечний С.І. Економетрія: підручник / Наконечний С.І., Терещенко Т.О., Романюк Т.П. – К.: КНЕУ, 2004. – 520 с.

8. Рудяк Ю. Всѐ об учѐте и организации транспортно–экспедиторской деятельности / Рудяк Ю., Піроженко О., Маханько О., Кузнєцов В. – [4-е вид.]. – Х. : Фактор, 2008. – 448 с. – (Серія «Усе про облік та організацію»).

9. Лубенцова В.С. Математические методы в логистике / В.С. Лубенцова. Под ред. В.П. Радченко // учеб.пособие. – Самара.: Самар.гос.техн.ун-т, 2008. – 157с.: ил.

REFERENCES

1. Anfilatov, V.S. (2002) Sistemnyi analiz v upravlenii [System analysis in management: Text book edited by A.A. Emelianov] / V.S. Anfilatov, A.A. Emelianov, A.A. Kukeushkin. – M.: Finansy i statistika [Finance and Statistics], 368 p. [in Russian].

2. Horbachev, P.F. (2015) Podkhod k postroeniiu modeli funktsionirovaniia transportnoho protsessa pri mezhdunarodnykh perevozkakh [The approach to building a model of functioning of the transport process in international transport] / P.F. Horbachev, T.V. Nemna // Avtomobilnyi transport [Automobile transport], № 37. P. 39–48. [in Ukrainian].

3. Hrachevaia, M.V. (2004) Kolichestvennye metody v ekonomicheskikh issledovaniiakh: uchebnik dlia vuzov [Quantitative methods in economic research: a textbook for universities] / M.V. Hrachevaia, L.N. Fadeeva, Yu.N. Cheremnykh. – M.: UNITI-DANA [UNITI-DANA], 794 p.[in Russian].

4. Bilichenko V.V. (2009) Modeliuvannia stratehii rozvytku orhanizatsiino-tekhnichnykh vyrobnychykh system na avtomobilnomu transporti [Modeling of strategies for the development of organizational and technical production systems in road transport]/ Bilichenko V.V.// Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu [Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute], 2009, №2. - S. 103-107. [in Ukrainian].

5. Luhinin, O.E. (2005) Ekonometriia: navchalnyi posibnyk [Econometrics: a textbook] / O.E. Luhinin, S.V.Bilousova, O.M.Bilousov. – K.: Tsentr navchalnoi literatury [Center for Educational Literature], 254 p. [in Ukrainian].

6. Maiborodina, N.V. (2021) Ekonometryka: navchalnyi posibnyk [Econometrics: a textbook] / N.V. Maiborodina. – Nizhyn: PP Lysenko M.M. [PP Lysenko M.M.], – 280 p. [in Ukrainian].

7. Nakonechnyi, S.I. (2004) Ekonometriia: pidruchnyk [Econometrics: textbook] / S.I. Nakonechnyi, T.O. Tereshchenko, T.P. Romaniuk – K.: KNEU [KNEU], 520 p. [inUkrainian].

8. RudiakYu. (2008) Vsèobuchète i orhanyzatsii transportno–tkspedytorskoi deiatelnosti [All about accounting and organization of transport and forwarding activities] / Yu. Rudiak, O. Pirozhenko, O. Makhanko, V. Kuznietsov/ – Kh.: Faktor [Factor], 448 p. – (Seriia «Use pro oblik ta orhanizatsiiu») [(Series «All about accounting and organization»)].[in Ukrainian].

9. Lubentsova V.S. (2008) Matematycheskye metody v lohystyke [Mathematical methods in logistics] / V.S. Lubentsova. Pod red. V.P. Radchenko // ucheb.posobye. – Samara.: Samar.hos.tekhn.un-t [Samar.gos.techn.un-t], 2008. – 157 [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Лебідь В.В. Застосування математичного моделювання до побудови лінійної багатофакторної моделі перевезень вантажів у міжнародному сполученні / В.В Лебідь, Ю.А. Мейш, Н.В. Майбородіна, В.П. Герасименко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К.: НТУ, 2022. – Вип. 1 (51).

В роботі приведено постановку задачі про побудову багатофакторних моделей міжнародних вантажних перевезень.

Об’єктом дослідження є багатофакторна модель міжнародних вантажних перевезень.

Мета роботи полягає в постановці задачі та побудові лінійної багатофакторної моделі міжнародних вантажних перевезень.

Методи дослідження включають основні положення теорії математичного моделювання, економетричні методи побудови моделей реальних процесів.

Розглянуто постановку задачі та побудована лінійна багатофакторна модель міжнародних вантажних перевезень.

Отримані в роботі результати можуть бути використані для прогнозування роботи транспортного підприємства.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЛІНІЙНА МОДЕЛЬ, БАГАТОФАКТОРНА МОДЕЛЬ, МІЖНАРОДНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ЕКОНОМЕТРИЧНІ МЕТОДИ

ABSTRACT

Lebid V.V., Meish Yu.A., Maiborodina N.V., Gerasymenko V.P. Application of mathematical modeling to the construction of a linear multifactor model of cargo transportation in international connection. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2022. – Issue 1 (51).

The paper presents the problem of building multifactor models of international freight.

The object of the study is a multifactor model of international freight.

The purpose of the work is to set the problem and build a linear multifactor model of international freight.

Research methods include the main provisions of the theory of mathematical modeling, econometric methods of building models of real processes.

The problem statement is considered and the linear multifactor model of international freight transport is constructed.

The results obtained in the work can be used to predict the operation of a transport enterprise.

KEY WORDS: LINEAR MODEL, MULTIFACTOR MODEL, INTERNATIONAL TRANSPORTATION, FREIGHT TRANSPORTATION, ECONOMETRIC METHODS

АВТОРИ:

Лебідь Вікторія Вікторівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, доцент, e-mail: Vikky85@ukr.net, тел. +380678959339, Україна, 01010, м. Київ, вул. Бойчука 42, к. 203, orcid.org/0000-0002-1260-3760

Мейш Юлія Анатоліївна, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри вищої математики, професор, e-mail: juliameish@gmail.com, тел. +380954035196, Україна, 01010, м. Київ, вул. Бойчука 42, к. 203, orcid.org / 0000-0001-7492-700X

Майбородіна Наталія Вікторівна, кандидат фізико-математичних наук, Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут», старший викладач кафедри природничо-математичних та загальноінженерних дисциплін,e-mail: natashamai2311@gmail.com,тел. +380687003676, Україна, 16600, м. Ніжин, вул. Шевченка 10, к. 101, orcid.org/0000-0003-1754-6790

Герасименко В'ячеслав Панасович, Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут», старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки,e-mail: syavagvp@gmail.com, тел. +380681527251, Україна, 16600, м. Ніжин, вул. Шевченка 10, к. 231, orcid.org/0000-0002-4017-1141

AUTHOR:

Lebid Viktoriia Viktorivna, Ph.D of Technical Science, National Transport University, department of international freight shipments and customs control, associate professor, e-mail: Vikky85@ukr.net, tel. +380678959339, Ukraine, 01010, Kyiv, Boychukstr. 42, of. 203, orcid.org / 0000-0001-7492-700X

Meish Yuliya Anatolievna, Doctor of Technical Science, National Transport University, Higher mathematics department, professore - mail: juliameish@gmail.com, tel. +380954035196, Ukraine, 01010, Kyiv, Boychuk str. 42, of. 203, orcid.org / 0000-0001-7492-700X

Maiborodina NataliiaV iktorivna, Ph.D (Physics and Mathematics), Separated Subdivision National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine «Nizhyn Agrotechnical Institute», senior lecturer of the department of natural-mathematical and general engineering disciplines, e-mail: natashamai2311@gmail.com, tel. +380687003676, Ukraine, 16600, Nizhyn, Shevchenka str. 10, of. 101, orcid.org/0000-0003-1754-6790

Gerasymenko Viacheslav Panasovych, Separated Subdivision National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine «Nizhyn Agrotechnical Institute», senior lecturer of the department of electric power, electrical engineering and electromechanics,e-mail: syavagvp@gmail.com, tel. +380681527251,Ukraine, 16600, Nizhyn, Shevchenka str. 10, of. 231, orcid.org/0000-0002-4017-1141

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Мельниченко О.І, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, вчений секретар Національного транспортного університету, Київ, Україна.

Роскладка Андрій Анатолійович, доктор економічних наук, кандидат фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри цифрової економіки та системного аналізу, Київський національний торгівельно-економічний університет, Київ, Україна.

REVIEWER:

Melnichenko OI, Ph.D.of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Scientific Secretary, Kyiv, Ukraine.

Roskladka Andriy Anatoliyovych, Doctor of Economics, Ph.D.of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Digital Economics and Systems Analysis, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine.