

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 330.4: 519.233.5

З. В. Валіулліна

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОНОВЛЕННЯ ПІДПРИЄМСТВ ПАСАЖИРСЬКОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

Наведено результати кореляційно-регресійного аналізу анкетних даних для побудови економіко-математичної моделі. Визначено вплив чинників на якість послуг та інноваційну діяльність підприємств пасажирського автомобільного транспорту, встановлені взаємозв'язки між обраними факторними величинами, що впливають на обґрунтування вибору інноваційних напрямів забезпечення технологічного оновлення. Встановлено вплив кожного з досліджуваних чинників на результативну ознаку.

Ключові слова: кореляція, регресія, багатофакторна модель, інновації, якість послуг, пасажирські перевезення.

Приведены результаты корреляционно-регрессионного анализа анкетных данных для построения экономико-математической модели. Определено влияние факторов на качество услуг и инновационную деятельность предприятий пассажирского автомобильного транспорта, установлены взаимосвязи между выбранными факторными величинами, влияющие на обоснование выбора инновационных направлений улучшения технологического обновления. Установлено влияние каждого из исследуемых факторов на результативные признаки.

Ключевые слова: корреляция, регрессия, многофакторная модель, инновация, качество услуг, пассажирские перевозки.

The article provides the results of correlation and regression analysis of personal data for the generation of economic and mathematical model. The influence of factors on the quality of services and the innovative activities of passenger road transport enterprises is defined; established are the interrelations between selected factor values affecting the substantiation of choice of innovative directions for provisioning of technological upgrade processes. An impact of each of the researched factors on the resulting value is defined.

Keywords: correlation, regression, multifactor models, innovations, quality of services, passenger transportation.

У сучасних умовах на ефективне функціонування підприємств пасажирського автомобільного транспорту впливають інновації, які сприяють забезпеченню технологічного оновлення. Інноваційна діяльність підприємств піддається впливу як зовнішніх так і внутрішніх чинників. Оцінити результати їхнього впливу неможливо без використання економіко-математичних моделей. Оскільки на діяльність підприємства впливає велика кількість чинників, доцільно застосувати метод множинного кореляційно-регресійного аналізу, який дозволить кількісно оцінити встановлені взаємозв'язки між обраними факторними величинами, що впливають на обґрунтування вибору інноваційних напрямів забезпечення технологічного оновлення.

Зауважимо, що моделювання якості перевезення пасажирів та інноваційної діяльності підприємств пасажирського автомобільного транспорту враховує велику кількість чинників, які потребують кореляційно-регресійного аналізу як одного з основних економіко-математичних методів для виявлення найбільш значущих чинників впливу на технологічне оновлення підприємств.

Дослідження, пов'язані з розробкою економіко-математичних моделей, що ґрунтуються на методах статистичного аналізу, відображені в працях вітчизняних та зарубіжних учених-економістів: А. Гончарук [1], Я. М. Грущинського [2], О. Т. Івашук [3], Р. І. Лопатюк [4; 5], О. Ю. Тимейчука [6], О. В. Бережної, В. І. Бережного [7], Г. О. Роганової [9], І. Л. Сазонця [10] та ін. Але у визначенні чинників впливу та моделі забезпечення технологічного оновлення підприємств пасажирського автомобільного транспорту немає одностайності, тому питання розробки інноваційних напрямів забезпечення технологічного оновлення та моделювання чинників впливу на цей процес залишаються недостатньо вивченими.

Метою та завданням нашого дослідження є розгляд, аналіз та узагальнення чинників, що найбільше впливають на забезпечення технологічного оновлення, визначення основних чинників впливу на якість пасажирських перевезень та інноваційну діяльність підприємства, та побудові економіко-математичної моделі для визначення інноваційних напрямів забезпечення технологічного оновлення.

Ефективне управління сучасним підприємством неможливе без використання методів економіко-математичного моделювання, економічного та статистичного аналізу. На діяльність будь-якого підприємства впливають різні чинники. Оцінити результати їхнього впливу можливо методами статистики, основу яких складає побудова й аналіз відповідної математичної моделі. Для багатofакторних моделей чи явищ доцільно використовувати методи множинного кореляційно-регресійного аналізу, які дають змогу вивчити та кількісно оцінити внутрішні і зовнішні наслідкові зв'язки між факторами, що утворюють цю модель та встановити закономірності функціонування і тенденції розвитку досліджуваної результативної ознаки [4, с. 3].

Нашому дослідженню передувало проведення анкетування з питань доцільності запровадження технологічного оновлення на підприємствах пасажирського автомобільного транспорту. Кореляційно-регресійний метод економічного аналізу дозволить виявити інноваційні напрями технологічного оновлення підприємств та визначити основні чинники, що впливають на процес забезпечення технологічного оновлення.

Кореляційний та регресійний метод аналізу вирішує три основні завдання:

- визначення за допомогою рівнянь регресії аналітичної форми зв'язку між варіацією ознак X і Y ;
- знаходження і статистичне оцінювання рівняння зв'язку між результативною і факторною ознаками на підставі регресивного аналізу;
- інтерпретація отриманого рівняння і його використання [4, с. 3].

Встановлено, що моделювання складових технологічного імперативу дозволить більш чітко виявити резерви інноваційних напрямів забезпечення технологічного оновлення, транспортного процесу, прибуткової діяльності за рахунок дотримання двох інституційних ознак: економічності (зменшення собівартості перевезення пасажирів) та ритмічності (збільшення продуктивності використання рухомого складу).

Для розробки регресійної моделі застосуємо стандартний алгоритм її побудови. Результати проведеного анкетування запишемо у вигляді матриці X , розміром $m \times n$, а результативну ознаку у вигляді вектора-стовпця Y :

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_h \end{pmatrix}; X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Зазначимо, що комплексну взаємодію всіх досліджуваних чинників (X_1, X_2, \dots, X_n) з результативним показником (Y) можна описати за допомогою математичної моделі у вигляді рівняння лінійної множинної регресії:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n, \quad (2)$$

де Y – залежна змінна;

X_1, X_2, \dots, X_n – незалежні змінні;

a_0, a_1, \dots, a_n – параметри моделі [1, с. 465].

Використовуючи стандартний пакет прикладної програми MS Excel (компонент «Пакет аналізу»), визначмо вплив досліджуваних факторів на якість пасажирських перевезень (Y_1) та інноваційну діяльність у сфері пасажирських перевезень (Y_2).

За допомогою кореляційних матриць та кореляційних зв'язків здійснюють відсів факторів, які найменше впливають на Y . Доцільно виділити тісноту зв'язку між множинами X та Y за допомогою коефіцієнта кореляції r , кількісне значення яких варто обмежити відповідними інтервалами оцінки (табл. 1).

Таблиця 1

Шкала інтервалу оцінки коефіцієнта кореляції

Тіснота зв'язку	Інтервал оцінки
Зв'язок відсутній	$r=0$
Зв'язок слабкий	$0 \leq r < 1/3$
Зв'язок середній	$1/3 \leq r < 2/3$
Зв'язок сильний	$2/3 \leq r < 1$
Зв'язок повний	$ r =1$

Джерело: [6, с. 14].

У ході кореляційного аналізу розглянуто 71 чинник впливу на показник якості перевезень пасажирів та показник інноваційної діяльності у сфері пасажирських перевезень. Проте у результаті проведеного кореляційно-регресійного аналізу було виявлено сім чинників, які найбільше впливають на якість пасажирських перевезень, зокрема: невідповідність автобуса сучасним техніко-експлуатаційним вимогам ($r_{X_{40}Y} = 0,43$); невідповідність автобуса пасажиромісткості ($r_{X_{41}Y} = 0,42$); необхідність удосконалення механізмів фінансування та залучення інвестицій у розвиток пасажирських автомобільних перевезень ($r_{X_{51}Y} = 0,37$); комфорт перевезення ($r_{X_{57}Y} = 0,34$); рівень розвитку техніко-технологічної бази ($r_{X_{61}Y} = 0,51$); упровадження інвестиційного податкового кредиту ($r_{X_{69}Y} = 0,40$); розв'язання

проблем забезпечення технологічного оновлення підприємств транспорту з позабюджетних джерел ($r_{X_{70}Y} = 0,34$).

Побудуємо математичну модель за відібраними 7 найважливішими чинниками впливу на якість пасажирських автомобільних перевезень у вигляді рівняння лінійної множинної регресії:

$$Y_1 = -6,26 - 0,009 \cdot X_{40} + 0,180 \cdot X_{41} + 0,107 \cdot X_{51} + 0,177 \cdot X_{57} + 0,419 \cdot X_{61} + 0,072 \cdot X_{69} + 0,066 \cdot X_{70}.$$

Згенеровані результати регресійної статистики, що найбільш повно характеризують отриману кореляційно-регресійну модель, побудовану для визначення найважливіших чинників впливу на якість пасажирських автомобільних перевезень, представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати моделювання якості пасажирських автомобільних перевезень

Показники	Коефіцієнти регресії	Стандартна помилка	t-статистика	P-значення
У-перетин	-6,2641	0,4007	-15,6348	0,0000
Чинник X_{40}	-0,0085	0,0834	-0,1021	0,9189
Чинник X_{41}	0,1798	0,0639	2,8133	0,0060
Чинник X_{51}	0,1069	0,0748	1,4290	0,1564
Чинник X_{57}	0,1766	0,0898	1,9663	0,0523
Чинник X_{61}	0,4190	0,0992	4,2237	0,0001
Чинник X_{69}	0,0718	0,0683	1,0519	0,2956
Чинник X_{70}	0,0663	0,0744	0,8915	0,3750
Множинний R			0,688281468	
R-квадрат			0,473731379	
Нормований R-квадрат			0,433689202	
Стандартна похибка			0,538853404	
Спостереження			100	

Зазначимо, що коефіцієнт множинної кореляції R для нашого випадку становить 0,69, що свідчить про сильний зв'язок між чинниками впливу та якістю перевезень. Значення коефіцієнта множинної детермінації R -квадрат дорівнює 0,474, що вказує на частку врахованих чинників в економетричній моделі – 47,4 %. Таким чином, отримана модель указує на правильність вибору чинників впливу.

Ефективність інновацій визначають в основному двома факторами: фінансуванням і рівнем вирішуваних задач [10, с. 355]. Проте результати, отримані за методикою багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу для інноваційної діяльності у сфері пасажирських перевезень, дозволили виявити найбільш впливові чинники: оновлення автомобільними перевізниками рухомого складу ($r_{X_{7Y}} = 0,41$); удосконалення механізмів фінансування та залучення інвестицій в розвиток пасажирських автомобільних перевезень ($r_{X_{51Y}} = 0,43$); узгодження нормативно-правової бази ($r_{X_{63Y}} = 0,42$); регулярна актуалізація нормативної бази ($r_{X_{64Y}} = 0,48$); удосконалення амортизаційної політики ($r_{X_{67Y}} = 0,61$); узгодження диференційованої податкової та кредитної політики ($r_{X_{68Y}} = 0,54$); приведення тарифу на перевезення пасажирів до економічно обґрунтованих витрат на надання послуг ($r_{X_{71Y}} = 0,43$).

Здійсномо перевірку коефіцієнтів регресії та рівняння регресії на статистичну значущість. У праці [7, с. 154] зазначено, що перевірку коефіцієнтів регресії та рівняння регресії можна здійснювати двома способами: за критерієм Стьюдента та за критерієм Фішера. Перевірку за критерієм Фішера здійснюють за формулою:

$$F_n = \left(\frac{a_n}{S_{a_k}} \right)^2 = t^2, \quad (3)$$

де t^2 – багатомірний аналог критерію Стьюдента.

При цьому має виконуватися умова $F_n > F_{\text{крит}}$. Перевірку значущості рівняння множинної регресії для нашого випадку оцінено за критерієм Фішера $11,8 > 1,16$, що підтверджує адекватність створеної моделі.

Побудуємо модель залежності між відібраними сімома найважливішими чинниками впливу на інноваційну діяльність у сфері пасажирських перевезень у вигляді рівняння лінійної множинної регресії:

$$Y_2 = -0,917 + 0,17 \cdot X_7 + 0,245 \cdot X_{51} + 0,146 \cdot X_{63} + \\ + 0,02 \cdot X_{64} + 0,535 \cdot X_{67} + 0,032 \cdot X_{68} + 0,136 \cdot X_{71}.$$

Для кореляційно-регресійної моделі Y_2 було визначено коефіцієнт множинної регресії, коефіцієнт детермінації, стандартну помилку, t -критерій та P -значення. Регресійну статистику та загальну характеристику отриманої моделі представимо в табл. 3.

Таблиця 3

Результати моделювання інноваційної діяльності підприємств пасажирського автомобільного транспорту

Показники	Коефіцієнти регресії	Стандартна помилка	t -статистика	P -значення
У-перетин	-0,9170	0,4091	-2,2418	0,0274
Чинник X_7	0,1719	0,0734	2,3433	0,0213
Чинник X_{51}	0,2448	0,0720	3,3999	0,0010
Чинник X_{63}	0,1457	0,1142	1,2763	0,2051
Чинник X_{64}	0,0257	0,1296	0,1981	0,8434
Чинник X_{67}	0,5347	0,1077	4,9629	0,0000
Чинник X_{68}	0,0316	0,0927	0,3409	0,7340
Чинник X_{71}	0,1359	0,0708	1,9205	0,0579
Множинний R	0,776450332			
R -квадрат	0,602875119			
Нормований R -квадрат	0,572659095			
Стандартна похибка	0,576520823			
Спостереження	100			

Коефіцієнт множинної кореляції R для інноваційної діяльності на підприємствах пасажирського автомобільного транспорту становить 0,77, що свідчить про сильний зв'язок між чинниками впливу та результативною ознакою побудованої моделі. Значення коефіцієнта множинної детермінації R -квадрат дорівнює 0,602. Отриманий результат R -квадрат вказує, що 60,2 % інноваційної діяльності підприємств пасажирського автомобільного транспорту обумовлено відібраними вищезазначеними факторами, а 39,8 % відображають інші відібрані фактори моделі.

Здійсномо перевірку статистичної значущості рівняння множинної регресії, яке визначає основні чинники впливу на інноваційну діяльність підприємства, за

критерієм Фішера $19,9 > 4,9$. Зазначимо, що перевірка показала відсутність тісного кореляційного зв'язку між усіма парами факторних ознак. Отже, отримані в нашому дослідженні моделі є адекватними і можуть застосовуватися як основа.

Висновки.

Таким чином, проведений кореляційний аналіз впливу 71 чинника на якість пасажирських перевезень (Y_1) та інноваційну діяльність у сфері пасажирських перевезень (Y_2) для підприємств пасажирського автомобільного транспорту дав змогу виявити найбільш впливові на процес забезпечення технологічного оновлення підприємств пасажирського автомобільного транспорту. За результатами кореляційного аналізу було побудовано лінійні кореляційно-регресійні моделі, які найбільш точно та якісно відображають процес забезпечення технологічного оновлення підприємств пасажирського автомобільного транспорту на основі інноваційного розвитку. Практична значущість побудованих кореляційно-регресійних моделей полягає в можливості обґрунтування вибору інноваційних напрямів технологічного оновлення підприємств пасажирського автомобільного транспорту.

Бібліографічні посилання

1. **Гончарук А.** Науково-практичні аспекти прийняття варіативних інвестиційних рішень / А. Гончарук // Економіка України. – 2011. – № 6. – С. 78–85.
2. **Грушинський Я. М.** Фінансово-правові механізми інвестування в сільське господарство / Я. М. Грушинський // Часопис Київського університету права. – 2010. – № 4. – С. 255–258.
3. Економіко-математичне моделювання : навч. посіб. / [за ред. О. Т. Івашука]. – Тернопіль : Тернопільський нац. економ. ун-т «Економічна думка», 2008. – 704 с.
4. **Лопатюк Р. І.** Прогнозування рівня інвестиційної діяльності підприємств аграрної сфери [Електронний ресурс] / Р. І. Лопатюк // Ефективна економіка. – 2013. – № 4. – Режим доступу : <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1967>
5. **Лопатюк Р. І.** Економічні механізми інвестування підприємств аграрної сфери : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08.00.04 / Р. І. Лопатюк. – Херсон, 2013. – 20 с.
6. **Тимейчук О. Ю.** Математичні методи і моделі в розрахунках на ЕОМ : інтерактивний комплекс навч.-метод. забезпечення / О. Ю. Тимейчук. – Рівне : Національний ун-т водного господарства та природокористування, 2009. – 58 с.
7. **Бережная Е. В.** Математические методы моделирования экономических систем : учеб. пособ. / [Е. В. Бережная, В. И. Бережной]. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 432 с.
8. **Майданевич П. М.** Методологічні засади оцінювання інвестиційної привабливості підприємств / П. М. Майданевич // Актуальні проблеми економіки. – 2012. – № 7. – С. 125–131.
9. **Роганова Г. О.** Моделювання оборотних коштів підприємств за допомогою методів статистичного аналізу / Г. О. Роганова // Торгівля і ринок України : тематичний зб. наук. праць Донецького нац. ун-ту економіки і торгівлі. – 2009. – Вип. 27. – С. 476–484.
10. **Сазоненко І. Л.** Тенденції інноваційного розвитку підприємств, що функціонують на ринку космічних послуг / І. Л. Сазоненко, І. А. Суходольський // Зб. наук. праць Національного ун-ту водного господарства та природокористування. Сер. «Економічні науки». – 2013. – № 2 (62). – С. 46–54.

Надійшла до редколегії 27.12.2013