

УДК 338.31.4:[656.23:656.225]

Савіцька Г.П.

Державний економіко-технологічний університет транспорту

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ДОХОДІВ ВІД ВАНТАЖНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Стаття присвячена вивченню впливу факторів на формування доходів від вантажних залізничних перевезень. Результатом стало створення математичної моделі прогнозування доходів на основі врахування найважливіших факторів – вантажообігу та доходної ставки. Розглянуто особливості використання методу експоненціального згладжування. Даний підхід прогнозування дозволяє ефективно організувати систему управління доходами від вантажних залізничних перевезень в об'єктивній залежності від основних формуючих факторів.

Ключові слова: дохід, вантажні залізничні перевезення, фактори, прогноз

Savitska G.

MATHEMATICAL MODEL OF FORECASTING THE REVENUE FROM FREIGHT RAIL TRANSPORTATION

The article studies the impact of factors on the formation of revenue from rail freight. The result was the creation of mathematical model forecast revenue based on consideration of the most important factors - freight turnover and rates. The examined features using of the method exponential smoothing. This approach is forecasting can efficiently organize management system of revenue from the rail freight in an objective depending on the basic factors.

Keywords: revenue, freight transportation, factors, forecast

Савицкая А.П.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОХОДОВ ОТ ГРУЗОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Статья посвящена изучению влияния факторов на формирование доходов от грузовых железнодорожных перевозок. Результатом стало создание математической модели прогнозирования доходов на основе учета наиболее значимых факторов - грузооборота и доходной ставки. Рассмотрены особенности использования метода экспоненциального сглаживания. Данный подход прогнозирования позволяет эффективно организовывать систему управления доходами от грузовых железнодорожных перевозок в объективной зависимости от основных формирующих факторов.

Ключевые слова: доход, грузовые железнодорожные перевозки, факторы, прогноз

Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Надходження доходу від вантажних залізничних перевезень є основним джерелом формування фінансових ресурсів підприємств залізничного транспорту. В залежності від їх обсягу визначаються можливості залізничного транспорту по управлінню фінансами, по підтриманню інфраструктури, рухомого складу в робочому стані, а також виконанню соціальних програм перед залізничниками. При цьому надзвичайно важливе значення має ряд чинників, що визначають обсяг отриманих надходжень доходу. Отже, завдання прогнозування та планування суми надходжень доходу від вантажних перевезень, яку отримує підприємство залізничного транспорту протягом наступного періоду має першочергове значення.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. Різні аспекти наукових праць з питань факторів, що впливають на формування доходної бази підприємств залізничного транспорту, розвитку та тенденцій вантажних перевезень, пошуку ефективних методів визначення собівартості перевезень, тарифної політики, питання практики фінансового планування та прогнозування на залізничному

транспорті розглядалися у працях таких вітчизняних вчених, як М.В. Макаренка [1], Н.М. Колесникової [2], Н.І. Богомолової [3-4], М.Г. Белінської [5], О.О. Кравченко [6], В.В. Чорного [7] та ін.

Цілі статті. Дослідження було спрямовано на вивчення впливу на доходи від вантажних залізничних перевезень основних факторів, включення їх у математичну модель та розробку на основі розробленої моделі прогнозу доходів на короткостроковий період.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. При складанні бюджету підприємства основна увага приділяється його витратній частині, а доходна частина недостатньо деталізується та найчастіше не обґрунтовується. Правильний вибір методів прогнозування доходів підприємства та облік усіх істотних факторів, що впливають на значення прогнозу, дозволять зробити його більш точним.

Прогноз доходів необхідний підприємству не для визначення майбутніх фінансових показників, а для розробки стратегії та тактики на прогнозований період. Важно пам'ятати, що прогноз не є самоціллю. Тому методи прогнозування не повинні бути особливо точними, а повинні лише коректно відображати специфіку бізнесу (діяльності підприємств залізничного транспорту) та вірно зазначати напрямки управлінських рішень, що приймаються менеджерами підприємств.

Як відомо, надходження доходів підприємств залізничного транспорту знаходиться в залежності від кількох основних факторів. Задача вирішення ступеня впливу факторів на кінцевий результат – доход – може бути вирішена за допомогою багатофакторних кореляційно-регресійних моделей. Відомо, що кореляційно-регресійний аналіз дає можливість кількісно виразити вплив відібраних факторів на результативний показник. Крім того, знаючи рівняння множинної регресії та встановлювати визначені значення факторів, можна передбачити значення функції і, отже, управляти аналізованим показником. Більш того, дані моделі дозволяють оцінити роботу підприємств залізничного транспорту з точки зору їх фінансових можливостей.

Проведений багатофакторний аналіз доходності підприємств залізничного транспорту. Для відбору найбільш вагомих факторів була побудована матриця парних коефіцієнтів кореляції. Її аналіз показав, що між факторними ознаками та доходом існує залежність. Спираючись на дані проведеного аналізу отримано мультиплікативне рівняння регресії виду:

$$\hat{D} = 0,64 \cdot X_1^{1,02} \cdot X_3^{1,09}, \quad (1)$$

де D – доходи від вантажних залізничних перевезень, млн. грн.; X_1 – тарифний вантажообіг, млрд. т. км; X_3 – доходна ставка на 10 т. км тарифних, коп.

Коефіцієнт множинної кореляції $R = 0,9989$ (тісний зв'язок); коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9978$ (99,78 % загального впливу на величину доходів від вантажних перевезень припадає на фактори, що присутні в моделі (1)); коефіцієнти еластичності $E_{x_1} = 1,02$; $E_{x_2} = 1,09$. З побудованої залежності випливає, що у середньому: збільшення (зменшення) вантажообігу на 1% супроводжується зростанням (зменшенням) доходу від вантажних перевезень на 1,02%; збільшення доходної ставки на 1% призведе до збільшення доходу від вантажних перевезень на 1,09 %.

Отримані оцінки рівняння регресії мають достатньо високий рівень статистичної достовірності, тому можуть мати практичне застосування в цілях прогнозування. Для складання прогнозу доходів від вантажних перевезень необхідно визначити майбутнє значення обсягу вантажообігу у натуральному вираженні та оцінити зміни у цінній політиці. Їх добуток дасть прогноз доходів у вартісному вираженні. Для того, щоб спрогнозувати майбутні доходи від вантажних перевезень насамперед необхідно спрогнозувати обсяг вантажоперевезень та доходної ставки окремо, оскільки динаміка цих показників може бути різною.

Спрогнозуємо величину доходів від вантажних перевезень за допомогою отриманого рівняння на 2013-2017 рр., використовуючи значення x_1 , x_3 , очікувані у

прогнозований період. Прогнозування на основі моделі кривої зростання базується на екстраполяції, тобто на продовженні в майбутнє тенденції, що спостерігалася в минулому.

При цьому передбачається, що в тимчасовому ряду присутній тренд, характер розвитку показника має властивість інерційності, тенденція що склалася не повинна зазнавати істотних змін протягом періоду упередження.

Процедура розробки прогнозу з використанням кривих зростання включає в себе вибір однієї або декількох кривих, форма яких відповідає характеру зміни часового ряду, і оцінку параметрів обраних кривих.

Дуже часто рівні економічного ряду динаміки коливаються, так що тенденція розвитку економічного процесу прихована випадковими відхиленнями. Згладжування часового ряду дозволяє відфільтрувати дрібні випадкові коливання і виявити основну тенденцію зміни досліджуваної величини. Так, змінна x_1 має велику кількість коливань (рис. 1).

Для вибору кривої зростання використовується метод характеристик приростів [8]. Процедура вибору кривих з використанням цього методу включає вирівнювання ряду y_t за допомогою ковзної середньої (*moving average model*) і визначення середніх приростів та похідних величин:

1) згладжування ряду по ковзній середній, який зводиться до заміни фактичних рівнів динамічного ряду розрахунковими, що мають значно менші коливання, ніж вихідні дані. Зменшення коливання дозволяє тенденції розвитку проявити себе більш наочно. Найбільш частіше застосовується згладжування по п'яти точкам.

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-2} + y_{t-1} + y_t + y_{t+1} + y_{t+2}}{5}, \quad (2)$$

де \bar{y}_t – значення ковзної середньої для моменту t ($t=1, \dots, n$); $y_{t\pm 1;2}$ – фактичне значення рівня в момент t .

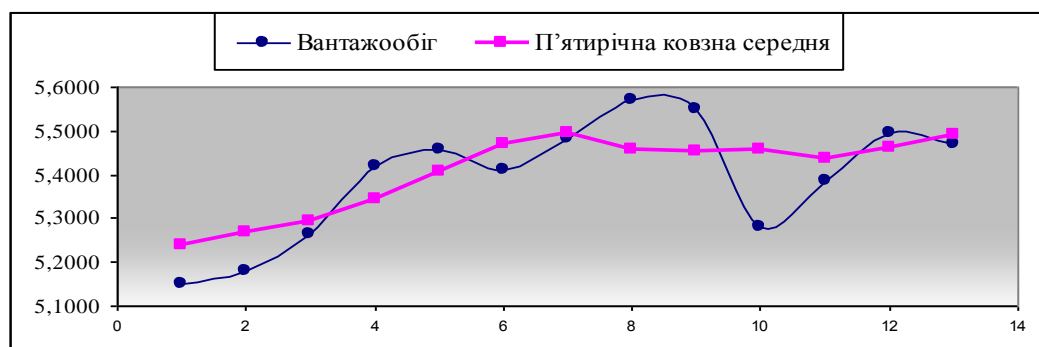


Рис. 1. Згладжування ряду п'ятирічною ковзною середньою (вантажобіг)

Також варто зазначити, що при розрахунку п'ятирічною ковзною середньою ігноруються спостережувані значення, що відповідають першим та останнім двом рокам.

Так звана «втрата» значень останніх точок є суттєвим недоліком, для подолання якого можна скористатися прийомом, що дозволяє відновити втрачені значення часового ряду. Для цього необхідно, по-перше визначити середній приріст:

$$\bar{\Delta y} = \frac{y_n - y_{n-1}}{n - 1}, \quad (3)$$

де $\bar{\Delta y}$ – середній абсолютний приріст; y_n – значення останнього рівня ряду; y_{n-1} – значення першого рівня ряду; n – кількість рівнів ряду.

По-друге: отримати n згладжених значень на початку часового ряду шляхом послідовного віднімання середнього абсолютного приросту до останнього згладженого

значення; в кінці часового ряду шляхом послідовного додавання середнього абсолютного приросту до останнього згладженого значення.

$$y_n^{(5)} = y_{n+1}^{(5)} \pm \bar{\Delta}, \quad (4)$$

2) визначення перших середніх приростів, для ряду показників вантажообігу середній приріст при $m=5$ для t складе:

$$\bar{u}_t = \frac{-2y_{t-2} - y_{t-1} + y_{t+1} + 2y_{t+2}}{10}, \quad (5)$$

другі середні прирости ($\bar{u}_t^{(2)}$), а також ряд похідних величин, пов'язаних з обчисленими середніми проростами та згладженими рівнями ряду ($\frac{\bar{u}_t}{y_t}$, $\log \bar{u}_t$,

$$\log \frac{\bar{u}_t}{y_t}, \log \frac{\bar{u}_t}{y_t^2}).$$

У відповідності з характером зміни середніх приростів та похідних показників обрано було логарифмічну функцію для вихідного часового ряду, параметри якої оцінювалися за допомогою методу найменших квадратів. Для побудови базового прогнозу було отримано наступне рівняння:

$$x_1 = 0,1064 \ln(t) + 5,2209, \quad (7)$$

котре забезпечує значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,8515$, тобто зв'язок, який описується побудованою математичною моделлю, є тісним (рис. 2). Отримане значення коефіцієнту кореляції $R = 0,9227$ дуже близьке до одиниці, тобто можна стверджувати, що зв'язок між часом та вантажообігом є статистично значущим. Перевірка адекватності усієї моделі в цілому здійснювалася з використанням F -критерія Фішера. Фактичне значення F -критерія більше табличного $F_{факт} = 63,0929 > F_{табл} = 4,84$, що свідчить про статистичну значущість рівняння регресії в цілому. Визначення значущості коефіцієнтів регресії здійснювалося за допомогою критерія t -Стюдента. Фактичне значення критерія t -Стюдента більше табличного $t_{факт} = 7,9431 > t_{табл} = 2,2010$.

$$t_{факт} = \sqrt{F_{факт}} = \sqrt{63,0929} = 7,9431, \quad (8)$$

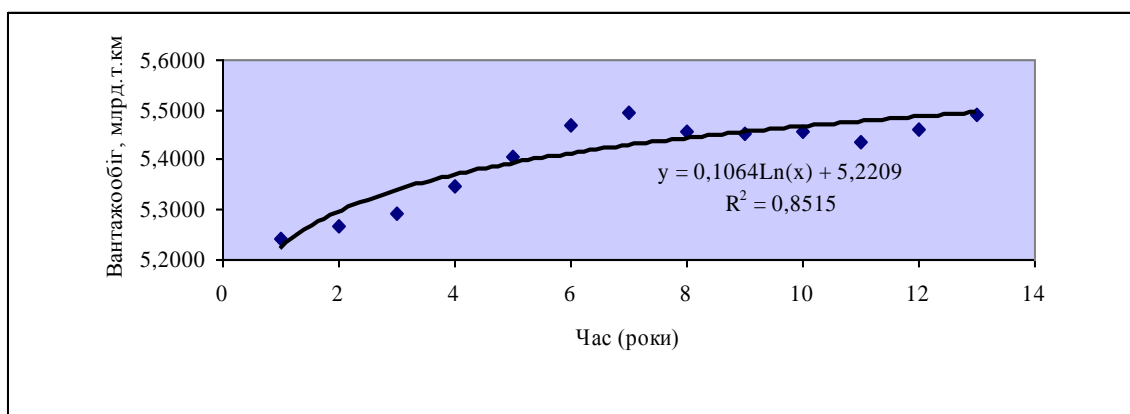


Рис. 2. Регресійна модель залежності вантажообігу від часу

Аналогічним чином будується регресійна модель для прогнозування доходної ставки. У відповідності з характером зміни середніх приростів та похідних показників обрано було лінійну функцію для вихідного часового ряду. Параметри функції визначаються за допомогою методу найменших квадратів. Для прогнозування величини доходної ставки використовується лінійна функція, яка має вигляд:

$$x_3 = 0,1289 t + 3,4529 , \quad (9)$$

яка забезпечує значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,9938$, тобто зв'язок, який описується побудованою математичною моделлю, є тісним (рис.3). Отримане значення коефіцієнту кореляції $R = 0,9969$ дуже близьке до одиниці, тобто можна стверджувати, що зв'язок між часом та доходною ставкою є статистично значущим. Фактичне значення F -критерія більше табличного $F_{факт} = 1788,64 > F_{табл} = 4,84$, що свідчить про статистичну значущість рівняння регресії в цілому. Визначення значущості коефіцієнтів регресії здійснювалося за допомогою критерія t -Стюдента, фактичне значення якого більше табличного $t_{факт} = 42,2923 > t_{табл} = 2,2010$.

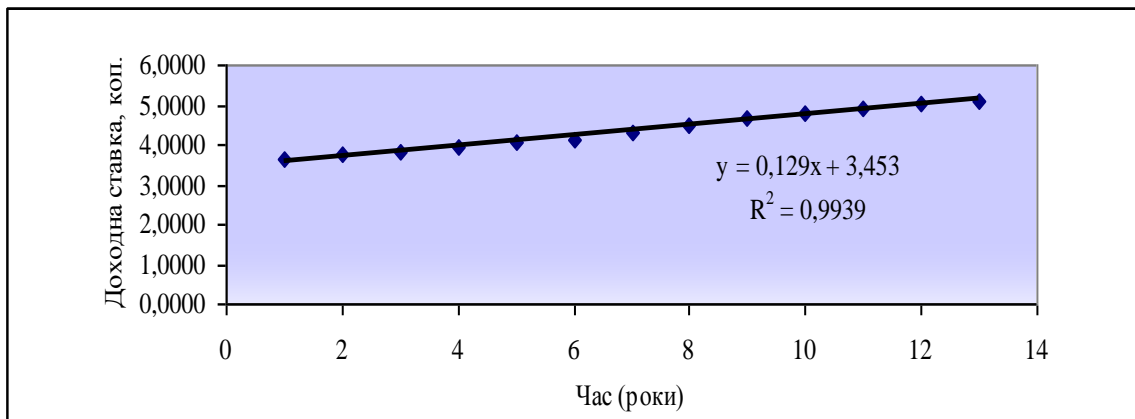


Рис. 3. Регресійна модель залежності доходної ставка від часу

На основі побудованих регресійних моделей спрогнозуємо значення факторів, що визначають розмір доходів від вантажних перевезень. Отримані прогнози зведені у таблиці 1.

Таблиця 1.

Прогнозні значення доходів від вантажних залізничних перевезень

Показники	Роки				
	2013	2014	2015	2016	2017
<i>Песимістичний</i>					
Вантажообіг, т.км	226,69	228,35	229,94	231,44	232,83
Доходна ставка, коп.	175,62	199,80	227,31	258,60	294,21
Дохід від вантажних перевезень, млн. грн.	39811,06	45624,49	52265,93	59850,20	68500,75
<i>Найбільш ймовірний</i>					
Вантажообіг, т.км	245,11	246,90	248,61	250,23	251,74
Доходна ставка, коп.	192,29	218,77	248,89	283,16	322,14
Дохід від вантажних перевезень, млн. грн.	47131,65	54014,08	61876,76	70855,65	81096,90
<i>Оптимістичний</i>					
Вантажообіг, т.км	265,02	266,69	268,81	270,56	272,19
Доходна ставка, коп.	210,55	239,54	272,52	310,04	352,73
Дохід від вантажних перевезень, млн. грн.	55798,37	63882,45	73254,87	83884,82	96009,27

Отже, виходячи з викладеного, було розроблено три сценарії прогнозу доходів від вантажних залізничних перевезень, кожен з яких певною мірою є рівнем розвитку даного виду залізничних перевезень. Так, верхній рівень доходів від вантажних залізничних перевезень – це є оптимістичний сценарій, в котрому як і нарощування

обсягів перевезень вантажів, так і зміни у тарифній політиці сприятливо позначаються на фінансових результатах підприємств залізничного транспорту. Песимістичний сценарій, або нижній рівень доходів від вантажних залізничних перевезень відображає найгірший фінансовий результат для підприємств залізничного транспорту. Найбільш ймовірний сценарій знаходиться між двома першими рівнями, котрі формують область допустимих рішень, яка формується на перспективний період (не менше п'яти років).

Таким чином, статистично обґрунтовано, що найбільший вплив на доходи від вантажних перевезень мають наступні фактори: вантажообіг та доходна ставка. Наведений підхід до прогнозування дає змогу розробити науково обґрунтовані прогнози відносно величини надходжень доходу від вантажних залізничних перевезень, а також використовувати наведений метод в аналітичному забезпеченні процесу прийняття управлінських рішень.

Висновки. Досліджуючи питання управління доходами від вантажних залізничних перевезень, особлива увага була приділена одному з ключових методів управління доходами – прогнозуванню. В результаті досліджень обґрунтовано науково-методичний підхід до побудови прогновної моделі доходів від вантажних перевезень, що ґрунтується на розробці регресійних моделей прогнозування ключових факторів з використанням процедури експоненціального згладжування.

Список використаних джерел:

1. М.В. Макаренко Основи управління економічними процесами на залізничному транспорті України: [монографія] / М.В. Макаренко. – К.: КУЕТТ, 2003. – 478 с.
2. Колесникова Н.М. Адаптивно-гармонізаційний механізм ціноутворення на залізничному транспорті: формування, функціонування та розвиток: [монографія] / Н.М. Колесникова. – К.: КУЕТТ, 2006. – 564 с.
3. Богомолова Н.І. Ціноутворення в умовах доставки вантажів і пасажирів на залізничному транспорті / Н.І. Богомолова // Електронне фахове видання «Ефективна економіка». – 2010. – № 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=105>
4. Богомолова Н.І. Особливості формування доходів залізничного транспорту в сучасних економічних умовах / Н.І. Богомолова, Г.П. Сенік // Збірник наукових праць ДЕТУТ: Серія «Економіка і управління». – 2011. – № 18.– Част. 2. – С. 41–50.
5. Белінська М.Г. Сучасний підхід до формування доходів від основної діяльності залізничного транспорту / М.Г. Белінська // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка та технології: Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції, 11-12 квітня 2013 р. – К.: ДЕТУТ, 2013. – С. 48–50.
6. Кравченко О.О. Сценарне фінансове планування і прогнозування на залізничному транспорті: теорія і практика: [монографія] / О.О. Кравченко. – К.: ДЕТУТ, 2013. – 300 с.
7. Чорний В.В. Конкурентоспроможність залізниць на ринку вантажних перевезень: теорія, методологія, практика: [монографія] / В.В. Чорний. – К.: ДЕТУТ, 2012. – 401 с.
8. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования / Е.М. Четыркин. – М.: «Статистика», 1975. – 184 с.

Рецензент д.е.н., професор Богомолова Н.І.