

Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Наказ Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 № 1528) www.economy.nayka.com.ua | № 12, 2018 | 27.12.2018 р.

DOI: [10.32702/2307-2105-2018.12.108](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2018.12.108)

УДК 330.43

*О. П. Радченко,
к. е. н., доцент, доцент кафедри економіки та управління,
Одеський національний університет імені І. І. Мечнікова, м. Одеса
Д. С. Казак,
1-й курс магістратури, спеціальність "Менеджмент зовнішньоекономічної діяльності",
Одеський національний університет імені І. І. Мечнікова, м. Одеса*

ВИКОРИСТАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСИВНОГО АНАЛІЗУ В УПРАВЛІННІ ЗЕД ПІДПРИЄМСТВА

*О. P. Radchenko,
Candidate of Economics Sciences, Associate Professor of Economics and Management
of Odesa I. I. Mechnikov National University
D. S. Kazak,
1st year of magistracy, specialty "Management of foreign economic activity"
of Odesa I. I. Mechnikov National University*

THE APPLYING OF THE CORRELATION-REGRESSION ANALYZES IN MANAGEMENT SYSTEM OF ENTERPRISE FOREIGN-ECONOMIC ACTIVITY

У статті досліджуються напрями підвищення ефективності та конкурентоспроможності промислових підприємств в сучасних умовах. Обґрунтовано необхідність застосування множинного кореляційно-регресійного аналізу для кількісної оцінки взаємозалежностей між статистичними ознаками щоб збільшити точність прогнозу та зменшити мінливість показника.

Розроблена економіко-математична модель прогнозування і планування обсягів збуту окремих видів продукції з метою удосконалення системи формування виробничих планів на майбутній короткотерміновий період та збільшення доходу підприємства. Наведений приклад розрахунку для одного виду продукції. Виконана перевірка на наявність лінійної залежності між усіма або кількома факторними ознаками (мультиколінеарність). Здійснено апробацію моделі при удосконаленні системи планування та збуту продукції одного з підприємств м. Одеса. Запропоновано напрями її використання для моделювання різних варіантів управління збутом продукції та поліпшення фінансового стану.

The areas of improving the efficiency and competitiveness of industrial enterprises in modern conditions have been considered in the article. Necessity of using multiple correlation-regression analysis for quantitative mark the interdependencies between statistical characteristics has been substantiated for increase accuracy of prediction and reduces variability of index. The economic-mathematical model of prediction and planning of sales of certain products aiming at the improvement system of formation production plans for future short-term period and increase income of the enterprise has been developed.

The example of calculation for one type of product was given. Checking for linear dependence between

all or several factor variable (multicollinearity) was made. The approbation of the model at improvement of system planning and sales of a enterprise of Odesa has been carried out. The areas its use for modeling different variants of administration sales of products and improve the financial situation have been proposed.

In the article performed a forecasting of the financial indicators of the enterprise activity by using correlation and regression analysis. It is determined that in accordance with results of prediction it is expected an increase in production and sales of an enterprise, sales network expansion, strengthening its market position. It is concluded that the absence of reverse correlation in consequence of the direct cost increase, which is mainly caused not by a price rise of materials, but by growth of production volume and sales.

The article is dedicated to investigation of approaches to determination of enterprise foreign economic operations efficiency. The Problems of Estimate of Enterprise management in context of realization foreign-economic activity Considered. Estimate Indicators of Foreign-economic activity management Classified on the base of modern development paradigm of management mechanism.

Ключові слова: економіко-математична модель; кореляційно-регресійний аналіз; мультиколінеарність; управління; прогнозування; планування.

Keywords: economic-mathematical model; correlation-regression analysis; multicollinearity; administration; prediction; planning.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Сучасний етап розвитку ринкової економіки в Україні потребує використання науково-обґрунтованих управлінських рішень, які підвищують ефективність та конкурентоспроможність ЗЕД підприємств. Оцінити вплив різноманітних чинників на кінцевий результат можна за допомогою економіко-статистичних методів. Їх застосування дає можливість провести аналіз досліджуваних статистичних показників та на основі отриманих даних побудувати математичну модель.

Велика кількість діючих чинників обумовлює необхідність застосування множинного кореляційно-регресійного аналізу для кількісної оцінки взаємозалежностей між статистичними ознаками, що характеризують окремі соціально-економічні процеси. Під час аналізу необхідно встановити теоретичну форму зв'язку між чинниковими і результативними ознаками (регресійний аналіз) та визначити тісноту цього зв'язку (кореляційний аналіз), тобто кількісно виміряти й оцінити механізм взаємодії чинникових ознак. Параметри кореляційного аналізу використовується для цілеспрямованого регулювання рівнів результативних ознак.

Отримані результати кореляційно-регресійного аналізу можна використати для обґрунтування управлінських рішень щодо прогнозування і планування обсягів реалізації окремих видів продукції в короткотерміновому майбутньому періоді.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі підвищення точності прогнозів за даними кореляційно-регресійного аналізу присвячена велика кількість наукових праць. Основні статистичні поняття, методи лінійного та багачинникового регресійного аналізу, а також деякі напрямки практичного застосування цих методів при ухваленні управлінських рішень наведено Д.Е. Ханком в роботі [3]. Методи прогнозування соціально-економічних процесів та приклади практичного застосування математичних моделей для розв'язання економічних задач представлені Хемді А. Таха в праці [5].

Основні принципи моделювання та моделі прогнозування, які можна застосувати для розв'язання управлінських задач, наведені Д. Муром в [2]. Фундаментальні основи регресійного аналізу, а також методи побудови та дослідження моделей різного ступеня складності з аналізом практичних аспектів їх застосування подані Н. Дрейпером в роботі [1].

Невирішені питання. Актуальність подальших досліджень полягає в розробленні економіко-математичної моделі прогнозування і планування обсягів збуту окремих видів продукції для підвищення рівня обґрунтованості управлінських рішень.

Формування цілей статті (постановка завдання). Розробити економіко-математичну модель прогнозування і планування обсягів збуту окремих видів продукції з метою удосконалення системи формування виробничих планів на майбутній короткотерміновий період та збільшення доходу ЗЕД підприємства.

Виклад основного матеріалу дослідження. Завданням кореляційно-регресійного аналізу є побудова та аналіз економіко-математичної моделі рівняння регресії (рівняння кореляційного зв'язку), що відображає залежність результативної ознаки від кількох чинникових ознак і дає оцінку міри щільності зв'язку.

Кореляційні зв'язки встановлюються в середньому для великої сукупності даних з інформаційної бази, яка має достатньо типові та надійні статистичні характеристики, а також якісну однорідність (наближеність умов формування результативних і чинникових ознак) та кількісну однорідність (відсутність одиниці спостереження,

яка за числовими характеристиками суттєво відрізняється від основної маси даних). Ці особливості потребують розв'язання двох задач: знаходження форми функціонального зв'язку та визначення міри наближення кореляційного зв'язку за ним.

Однією з найбільш простих і розповсюджених моделей є лінійна регресія, але вона, як правило, не може забезпечити необхідну точність прогнозування. Щоб збільшити точність прогнозу та зменшити мінливість показника використовуються багатофакторні моделі (множинна кореляція). При виборі незалежних змінних (чинників) в таких моделях потрібно враховувати наявність зв'язку з залежною змінною (показником) та відсутність тісного зв'язку з будь-якою іншою незалежною змінною, тобто взаємної кореляції. Чинники повинні відображати різні аспекти досліджуваного процесу. Для аналізу щільності зв'язку в багаточинниковій кореляційно-регресійній моделі складають матрицю парних коефіцієнтів кореляції, які вимірюють щільність лінійного зв'язку кожного чинника з результативною ознакою і з кожною з решти ознак-чинників (кореляційна матриця). За формою зв'язку розрізняють кореляційні зв'язки прямі й обернені, лінійні й нелінійні, одно й багаточинникові. Прямі й обернені зв'язки розрізняють залежно від напряму зміни результативної ознаки при зміні чинникової ознаки. Якщо співпадають напрями – прямий зв'язок, якщо ні – обернений. Залежно від характеру зміни показника Y при зміні чинника X виділяють лінійні та нелінійні зв'язки.

Сукупність інформаційних вхідних даних необхідно перевірити на наявність лінійної залежності між усіма або кількома чинниковими ознаками (мультиколінеарність). В економічних процесах об'єктивно існують співвідношення між окремими чинниками. Мультиколінеарність, як правило, проявляється в стохастичній (прихованій) формі. Її наявність призводить до серйозного зниження точності оцінок параметрів регресії, скривлення оцінки дисперсії залишків, дисперсії коефіцієнтів регресії і коваріації між ними.

Коефіцієнти регресії стають ненадійними, їх неможливо трактувати як міру впливу відповідного чинника на незалежну змінну. Оцінки стають дуже чутливими до вибіркового даних, тобто невелике збільшення об'єму вибірки може спричинити до значних змін в значеннях оцінок.

Отже, потрібно виконати відповідну перевірку, тому що отримана регресія буде характеризуватися великою мінливістю та певною надлишковістю (розраховані значення більше очікуваних). Під час перевірки на мультиколінеарність спочатку статистичні значення чинникових ознак X_i замінюються на стандартизовані (нормалізовані) дані. Потім виконується побудова кореляційної матриці, яка складається з коефіцієнтів кореляції, що обчислюються для кожної можливої пари змінних. Аналіз отриманих залежностей дає можливість оцінити ступінь та напрямок взаємозв'язку між чинниками. Далі обчислюється визначник кореляційної матриці, який вказує на можливу кореляцію між чинниками (якщо значення близьке до нуля).

Загальна мультиколінеарність в масиві виявляється за критерієм Пірсона (χ^2) з надійністю $p = 0,95$. Потім визначаються частинні коефіцієнти кореляції, які характеризують тісноту зв'язку між двома змінними за умови, що третя не впливає на цей зв'язок. Далі за допомогою t-статистики з надійністю $p = 0,95$ виявляються пари чинників, між якими існує мультиколінеарність.

Після встановлення стохастичної мультиколінеарності по можливості її потрібно усунути. Одним з таких методів є метод вилучення змінних (чинників). Його суть полягає в видаленні (повинно узгоджуватися з метою дослідження та економічної доцільністю) однієї або кількох висококорельованих пояснюючих змінних з регресії. Потім нова модель заново оцінюється. Для перевірки виконується побудова кількох можливих моделей та обчислюється значення коефіцієнта детермінації R^2 , що вимірює частку варіації показника, яка пояснюється взаємозв'язком між незалежною змінною і чинниками та розрахункове значення критерію Фішера F_p за формулами:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}, \quad (1)$$

де \hat{Y}_i – розрахункове значення показника для i -го спостереження;

Y_i – статистичне значення показника для i -го спостереження;

\bar{Y} – вибіркове середнє значення показника.

$$F_p = \frac{R^2}{1 - R^2} \left(\frac{n - m - 1}{m} \right), \quad (2)$$

де n – кількість спостережень;

m – кількість чинників.

Чим ближче значення R^2 до одиниці, тим краще статистичні дані відповідають побудованій функції регресії. Значення F_p повинно бути в кілька разів більше від табличного, тоді регресія буде не тільки значимою, а й мати практичну цінність для прогнозування.

Після видалення однієї змінної будується двофакторна модель. Коефіцієнти рівняння регресії $Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$ обчислюються з використанням матричних операцій за формулою:

$$\vec{a} = \left[[X]^T [X] \right]^{-1} [X]^T \vec{Y}. \quad (3)$$

Після знаходження оцінок параметрів регресії a_0, a_1, a_2 виконується перевірка нової моделі на мультиколінеарність. Якщо результат позитивний виконуються перевірки адекватності моделі (рівняння регресії) за критерієм Фішера та значущості параметрів (окремих чинників) регресії за критерієм Стюдента.

Потім обчислюється прогнозне значення показника та інтервальный прогноз (надійний інтервал) для заданих значень чинників за формулами (4 і 6):

$$DY = t_c S \sqrt{X_p [X^T X]^{-1} X_p^T + 1}, \quad (4)$$

де t_c – табличне значення критерію Стюдента;

X_p – вектор-рядок з прогнозними значеннями чинників;

S – стандартне відхилення оцінки (вимірює розсіювання значення показника відносно лінії функції регресії) є квадратним коренем з дисперсії адекватності:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - \hat{Y}_i)^2}{n - m - 1}}, \quad (5)$$

$$Y_{\max(\min)} = Y_p \pm DY, \quad (6)$$

де Y_p – точковий прогноз показника.

Розраховані частинні коефіцієнти регресії показують на середню зміну залежної змінної для одиничної зміни відповідної незалежної змінної та постійних значеннях інших незалежних змінних. За відомим рівнянням регресії можна моделювати майбутні параметри показника при зміні значень одного із чинників. Далі для прогнозу обчислюються частинні коефіцієнти еластичності.

З метою врахування динаміки зміни обсягів реалізації окремих видів продукції при складанні оперативних виробничих планів на короткотерміновий майбутній період на основі кореляційно-регресійного аналізу була побудована модель. У ній використовуються дані обсягів реалізації продукції за 2017 рік одного з підприємств м. Одеси [4], які мають досить велику мінливість. Дослідження статистичних даних показника Y (обсягу збуту продукції) виявили певні коливання фактичної реалізації окремих видів продукції, що пов'язано з проблемами збуту в одну із країн ЄС, на яку припадає найбільша частка експорту. Після первинного оброблення даних з інформаційної бази в якості чинників прийняті: середня ціна продукції (X_1), фонд заробітної плати на виготовлення продукції (X_2), витрати на збут продукції (X_3). Дані з інформаційної бази про реалізацію одного з основних видів продукції наведені в табл. 1.

Таблиця 1.
Дані про реалізацію продукції П1

Період	Дохід Y, ум.од.	Чинники X, ум.од.		
		Середня ціна	Фонд заробітної плати	Витрати на збут продукції
1	828183,00	330,61	79021,78	24341,20
2	1030589,00	314,11	115901,70	29983,79
3	822400,00	325,25	89684,11	25997,09
4	1036455,00	304,67	99442,89	26242,49
5	840820,00	358,36	84759,81	35088,69
6	866697,00	367,80	88760,86	43634,62
7	1095990,30	306,95	103492,43	47483,37
8	1227065,00	346,92	134108,01	40729,56
9	974255,50	341,54	109763,70	43804,87
10	1041248,00	355,55	121792,57	44906,99
11	2115316,00	265,74	218887,29	52933,20
12	311604,20	450,90	42183,20	9622,36

Результати перевірки мультиколінеарності в масиві чинників за критерієм Пірсона представлені на рис. 1.

ВИЗНАЧНИК КОРЕЛЯЦІЙНОЇ МАТРИЦІ				
R =	0,21763			
ЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЮ ХІ-КВАДРАТ				
$\chi^2_p =$	13,979		$\chi^2_{табл} =$	7,815

Рис. 1. Результати перевірки мультиколінеарності

Розрахункове значення χ^2 більше табличного, тому в масиві незалежних змінних існує мультиколінеарність в сукупності. Потім за критерієм Стюдента виконується перевірка мультиколінеарності пари чинників, отримані дані подані на рис. 2.

ЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЮ СТЬЮДЕНТА				
t12 =	-2,053			
t13 =	-0,142			tтабл
t23 =	2,425			2,262

Рис. 2. Перевірка мультиколінеарності пари чинників

Розрахункове значення t_{23} перевищує табличне значення Стюдента, тобто існує мультиколінеарність пари чинників. Одним із способів усунення мультиколінеарності є видалення одного чинника з моделі. Для подальшого аналізу вибирається двочинникова модель $Y = f(X_1, X_2)$, яка має кращі значення коефіцієнта детермінації $R^2=0,98$ (близьке до одиниці) і розрахункового значення критерію Фішера $F_p=233,6$ (набагато перевищує табличне значення).

Отримана модель знову перевіряється на наявність мультиколінеарності. Розрахункове значення $\chi^2=7,12$ не перевищує табличного значення. Потім обчислюються параметри регресії за формулою (3), які наведені на рис. 3.

a0 =	674963,43
a1 =	-1633,12
a2 =	8,34

Рис. 3. Параметри регресії моделі

Далі розраховуються значення t-статистики, вони всі перевищують табличне значення, а отже є значимими (рис. 4).

$t_0 =$	2,71
$t_1 =$	2,82
$t_2 =$	13,49
$t_{\text{табл}} =$	2,262

Рис. 4. Розраховані значення t-статистики

За отриманими даними будеться прогноз для значень чинників $X_1=350,00$ ум.од. і $X_2=105,00$ ум.од., який складає $Y_p=978664,40$ ум.од. і знаходиться в межах довірчого інтервалу (рис. 5).

Розраховані коефіцієнти еластичності $k_1=-0,584$ і $k_2=0,894$ вказують на те, як зміна одного чинника на 1% впливає на значення показника при незмінному значенні іншого чинника. При перевірці результатів прогнозування на інших статистичних даних генеральної сукупності (за звітний період) з інформаційної бази похибка прогнозу не перевищує значень середньоквадратичних похибок, які використовувалися при визначенні функції регресії.

Головною метою проведення кореляційно-регресійного аналізу є визначення можливих варіантів управління збутом продукції, а також оцінка можливих шляхів досягнення потрібного результату. Розроблена модель може бути використана для поліпшення планування потреб в матеріальних ресурсах, а також удосконалення процесів підготовки виробництва, якщо буде відомий прогноз збуту продукції на майбутній період. Прогноз повинен мати динамічний характер та адаптуватися до змін з врахуванням останніх даних.



Рис. 5. Прогноз показника Y_p

Таким чином більш точне планування обсягів реалізації продукції надасть можливість зменшити витрати. Використання результатів моделювання та прогнозування обсягів збуту продукції підвищить ефективність управлінських рішень та зменшить ймовірність помилкових рішень.

Висновки дослідження. Побудовану економетричну (регресійну) модель можна використовувати для прогнозування майбутнього обсягу збуту окремого виду продукції та формування відповідної виробничої програми на майбутній короткотерміновий період. Запропонована модель повинна бути інтегрована в існуючу систему підтримки прийняття рішень.

Окрім цього кореляційно-регресійний аналіз дає можливість оцінити існуючий стан за допомогою рівняння регресії. Використовуючи дані про величину і напрямок дії факторів, що аналізуються, можна отримати засоби для оцінки та відповідного коригування поточної стратегії планування обсягів випуску всієї номенклатури продукції.

Практичне значення отриманих результатів полягає у застосуванні кореляційно-регресійного аналізу як потужного та гнучкого інструменту для вивчення взаємозв'язків між показником та множиною незалежних змінних. Основна мета використання цього методу – краще зрозуміти теперішній стан, відповідно навчитися управляти подіями, що відбуваються, а також точніше передбачити майбутнє.

Перспективи подальших розробок. Підсумовуючи проведене дослідження, варто зазначити, що розроблена економіко-математична модель прогнозування і планування обсягів збуту окремих видів продукції з метою удосконалення системи формування виробничих планів на майбутній короткотерміновий період та збільшення доходу підприємства.

Література.

1. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит; перевод с англ. – М. : Издательский дом “Вильямс”, 2007. – 912 с.
2. Мур Д. Экономическое моделирование в Microsoft Excel / Д. Мур, Д. Р. Уэдерфорд, Г. Эллен, Ф. Гулд, Ч. Шмидт; перевод с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 1024 с.
3. Ханк Д.Э. Бизнес-прогнозирование / Д. Э. Ханк, Д.У. Уичерн, А. Дж. Райтс; перевод с англ. – М. : Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 656 с.
4. Харченко Ю.А. Кореляційно-регресійний аналіз обсягів збуту продукції промислового підприємства / Ю.А. Харченко [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://77.121.11.9/bitstream/PoltNTU/2303/1/....doc>
5. Таха Хемди А. Введение в исследование операций / Хемди А. Таха; перевод с англ. – М. : Издательский дом “Вильямс”, 2005. – 912 с.

References.

1. Dreiper, N. & Smit, H. (2007). *Prikladnoi rehressionnyi analiz [The applied regression of analysis]*. Moscow, Russia.
2. Mur, D., Uederford, D. R., Ellen, H., Huld, F. & Shmidt, Ch. (2004). *Ekonomicheskoe modelirovaniie v Microsoft Excel [The economic modeling in Microsoft Excel]*. Moscow, Russia.
3. Khank, D. E., Uichern, D. U. & Raits, A. Dzh. (2003). *Biznes-prohnozirovaniie [The Business Forecasting]*. Moscow, Russia.
4. Kharchenko, Yu. A. Koreliatsiino-rehresiinyi analiz obsiahiv zbutu produktsii promyslovoho pidpriemstva [The correlation and regression analysis of sales volumes of industrial enterprises]. – Retrieved from <http://77.121.11.9/bitstream/PoltNTU/2303/1/....doc> (Accessed 5 November 2018).
5. Takha Khemdi, A. (2005). *Vvedeniie v issledovaniie operatsii [The Introduction to Operations Research]*. Moscow, Russia.

Стаття надійшла до редакції 19.12.2018 р.