

УДК 519.7:339.14

Мищишин Орест Якович

кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри цифрової економіки та бізнес-аналітики
Львівський національний університет імені Івана Франка

Myshchyshyn Orest

PhD of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor of the Department of Digital Economy and Business
Ivan Franko National University of Lviv

Особа Євген Юрійович

студент
Львівського національного університету імені Івана Франка

Osoba Yevhen

Student of the
Ivan Franko National University of Lviv

DOI: 10.25313/2520-2057-2023-21-9486

ТРЬОХРІВНЕВА МОДЕЛЬ ПРОДАЖ FMCG ПРОДУКТІВ: ТРЕНД, СЕЗОННІСТЬ, ПРОМОАКЦІЯ-НЕДОСТАЧА THREE-LEVEL MODEL OF FMCG PRODUCTS SALES: TREND, SEASONALITY, PROMOTION-SHORTAGE

Анотація. Моделювання обсягів продажів товарів групи FMCG було використано для планування дистрибуційних структур під час сезонних коливань і промоційних акцій, які можуть призвести до зниження попиту.

Ключові слова: сезонність, тренд, промоційна акція, товари широкого вжитку (FMCG), економетрично-симулятивна модель.

Summary. Modeling of sales volumes of FMCG products was used to plan distribution structures during seasonal fluctuations and promotions that may lead to a decrease in demand.

Key words: seasonality, trend, promotional action, FMCG, econometric-simulation model.

Актуальність теми дослідження. Потрібен економіко-математичний підхід для диференціації обсягів продажів на різні складові через мінливість ринку FMCG та труднощі, пов'язані з поділом обсягів продажів товарів повсякденного попиту на окремі складові, такі як сезонність, тренд та аномальні впливи (промоційні акції, нестача товару) [1].

Ринок FMCG складається з менших складових: ринок продуктів харчування, ринок напоїв, ринок побутової хімії та ринок косметики, ринки взуття та одягу. Враховуючи високу швидкість обороту коштів на ринку FMCG спостерігається надзвичайно жорстка конкуренція. Тому здійснювати прибуткову бізнес-діяльність на таких ринках продажів надзвичайно складно за відсутності точних прогнозів потреб товарів широкого вжитку. Ще

однією проблемою, яка ускладнює оцінку продажів є значна місячна сезонність продажів.

Методика створення математичної моделі. На основі даних помісячних продажів за 2013–2016 роки здійснено аналіз продажів продуктів FMCG. Оскільки протягом календарного року спостерігається яскраво виражена сезонність, то місячні продажі коливаються в межах 3–20%. На рис. 1 візуалізовано один з таких графіків продажів (червона лінія).

Математичну модель побудовано на основі місячних продажів, за основу беручи місячні процентні частки цих продажів [2]. Таке співвідношення представимо у вигляді (1)

$$\frac{S_{01}}{S_{2013}} = k_{01}, \quad (1)$$

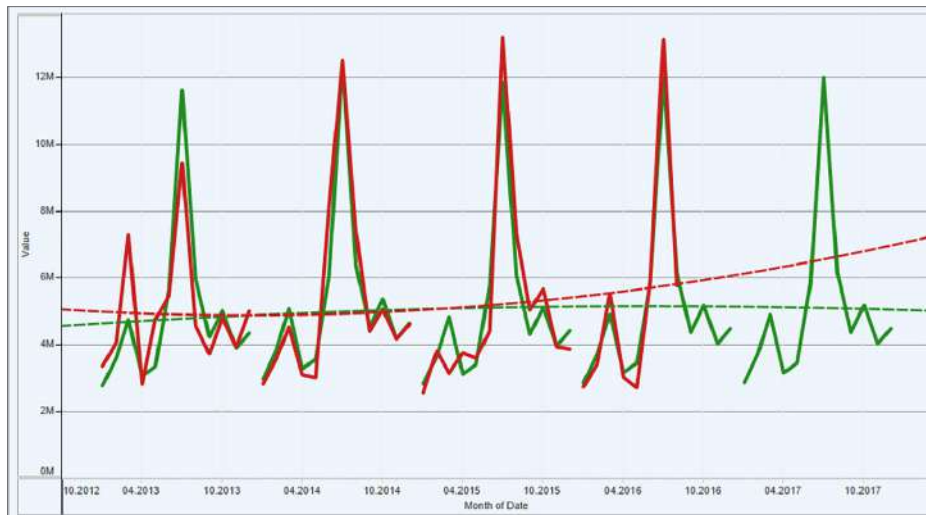


Рис. 1. Графіки продажу споживчих товарів

Джерело: створено автором

де S_{01} — продажі у січні 2013 року, S_{2013} — продажі за увесь 2013 рік, k_{01} — відношення продаж у січні 2013 року, загалом до всього 2013 року.

Формула стосується звичайного місяця, коли не відбувалося ніяких промоційних заходів і не спостерігалось нестач товару. У випадку місяця, коли продажі різко зростали, або падали відносно аналогічних місяців інших років, співвідношення матиме трохи інший характер (1а):

$$\frac{S_{03}}{S_{2013}} = k_{03} * k_{13}, \quad (1a)$$

де S_{03} — продажі у березні 2013 року, S_{2013} — продажі за весь 2013 рік, k_{03} — відношення продаж у березні 2013 року, загалом до продажів протягом усього 2013 року, k_{13} — відхилення від стандартних місячних продажів. Такий процес зображено на рис. 2, де у січні місяці спостерігаються стандартні продажі, описані коефіцієнтом k_{01} , а у березні продажі різко зросли в k_{13} разів за рахунок промоційного заходу.

Прологарифмуємо ліву і праву частину рівняння (1), для перетворення добутку коефіцієнтів у суму, що дозволить перейти до лінійної багатфакторної моделі. На разі виконаємо це для січня місяця 2013 року (2):

$$\ln\left(\frac{S_{01}}{S_{2013}}\right) = \ln(k_{01} * 1) = \ln(k_{01}) + 0 = m_{01}x_{01} + m_{13}x_{13} = m_{01} * 1 + m_{13} * 0. \quad (2)$$

Коефіцієнт m_{13} в кінці формули множиться на нульове значення бінарного параметра x_{13} , оскільки у першому місяці 2013 року у продажах немає суттєвих несезонних змін (рис. 2).

Продажі в місяцях коли відбуваються промоційні заходи потрібно відображати іншим чином (2а).

$$\ln\left(\frac{S_{03}}{S_{2013}}\right) = \ln(k_{03} * k_{13}) = \ln(k_{03}) + \ln(k_{13}) = m_{03}x_{03} + m_{13}x_{13} = m_{03} * 1 + m_{13} * 1. \quad (2a)$$

У цьому випадку, у березні 2013 року ми спостерігали різкий стрибок продажів, спричинених потужною промоційною акцією на товар, тому в кінці формули коефіцієнт m_{13} множиться на 1 а не 0, оскільки бінарний коефіцієнт x_{13} , приймає значення логічної одиниці, відображаючи дану промоційною акцією.



Рис. 2. Частина графіку продажів товару за 2013 р.

Джерело: створено автором

Проробивши схожі маніпуляції для кожного місяця кожного року, отримаємо матрицю ваг, яка відображає силу впливу сезонних продаж та аномальних продаж (промоційні заходи або недостачі) на місячні продажі. Така матриця матиме вигляд:

$$M = [m_{01}^*; m_{02}^* \dots m_{15}^*]. \quad (3)$$

Маємо матрицю у якій $m_{01}^*, m_{02}^* \dots m_{12}^*$ — це стандартні місячні коефіцієнти, та $m_{13}^*, m_{14}^*, m_{15}^*$ — це відповідно наші відхилення у березні 2013, липні 2013 та березні 2015 років. (3)

Систему, яка складається з рівнянь типу (2) та (2a) в матричній формі [3,4] можна переписати у вигляді:

$$X * M = Y. \quad (4)$$

Першим об'єктом матричного рівняння (4) є матриця бінарних величин X, яка складається з певних факторів впливу рівня сезонності та рівня аномальності. Вигляд матриці X для продажів товару протягом 2013 року зображено на рис. 3.

Матриця M включає ваги, значення яких мають зміст коефіцієнтів, при застосуванні до яких експоненціальної функції, отримаємо середньомісячне значення продаж, виражених у процентах (8). Матриця Y складається з коефіцієнтів, які розраховуються як логарифм від місячних продаж:

$$y_1 = \ln\left(\frac{S_{01}}{S_{2013}}\right). \quad (5)$$

На основі першого співвідношення аналітичного представлення (4) та рівняння (5) отримаємо наступну формулу (6). Вона вказує на те, які складові матриці M впливають на обсяг продаж для січня місяця 2013 року,

$$\ln\left(\frac{S_{01}}{S_{2013}}\right) = m_{01}x_{01}. \quad (6)$$

В даному випадку продажі в січні місяці 2013 року формується тільки сезонною складовою.

Бінарний коефіцієнт x_{01} надає параметру m_{01} ненульового значення і залучає його до групи коефіцієнтів, які формують результуюче значення параметра m_{01}^* . У нашому випадку для усього набору співвідношень аналітичного представлення продажів (4) бінарний коефіцієнт приймає одиничні значення тільки для чотирьох рівнянь. Це, очевидно, стосується продажів в січні місяці для 2013–2016 років. Оскільки в січні місяці ні разу не спостерігалось ніяких ні позитивних ні негативних аномалій при продажах товару широкого вжитку, то значення m_{01}^* фактично рівне середньому значенні натурального логарифму від процентів продаж для 2013–2016 років, які представлені в відносній формі.

Рис. 2 відображає відхилення продаж в 2013 році (червона лінія) від середніх продаж (зелена лінія). Можна побачити, що продажі в березні 2013 року S_{03} різко зросли, це можна описати, згідно формул (1a) та (2a):

$$\ln\left(\frac{S_{03}}{S_{2013}}\right) = m_{01}x_{01} + m_{13}x_{13}. \quad (7)$$

Справді продажі в березні 2013 року становили 12%, що значно більше ніж середні продажі в березні стандартного року, які становлять 7%. Оскільки серед обсягів березневих продажів виділяються, як аномальні, продажі 2013 року, а в усі решта роки продажі були стандартними, тому формулу (6) використовувати потрібно тільки до березневих продажів 2013 року. Другий доданок формули (7) відображає власне аномальну, викликану промоційною акцією, складову продажів в березні 2013 року. Продажі для усіх інших місяців 2013–2016 років можна розписати згідно формули (5) для стандартних та (6) для аномальних продажів

Прямий хід перетворення добутоків коефіцієнтів співвідношень (1) та (1a) до лінійної

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	X	m01	m02	m03	m04	m05	m06	m07	m08	m09	m10	m11	m12	m13, p1	m14, d1	m15, d2	Y
2	2013, 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,86856
3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,67846
4	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-2,09598
5	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3,04464
6	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,52175
7	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,38386
8	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	-1,83708
9	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-2,56403
10	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-2,76512
11	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-2,51151
12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-2,71005
13	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-2,47039

Рис. 3. Аналітичне відображення продажів за 2013 р.

Джерело: створено автором

багатофакторної форми (2) та (2а) зводить все до матричної форми (4), де матриці X , Y та M нами описані вище.

Результуюча матриця M відображена в Табл. 1. Матриця складається з коефіцієнтів $m_{01} - m_{12}$, які описують сезонність для усіх місяців, коефіцієнт m_{13} описує промоційну акцію, коефіцієнти m_{14} та m_{15} — недостачу товарів в цих місяцях, що провокує подальше зниження продаж. Стовець S_i відображає середньомісячні сезонні продажі у формі відносних величин або процентів.

Зворотній хід передбачає застосування експоненціальної функції до рівнянь (6) та (7),

$$e^{\ln\left(\frac{S_{01}}{S_{2013}}\right)} = \exp(m_{01}^*). \quad (8)$$

Ліва частина є не чим іншим ніж середній коефіцієнт або середній процент продаж в січні місяці ($k*01$), праву частину можна отримати з матриці M з допомогою експоненціальної функції. Подібну операцію потрібно зробити для кожного місяця, виділивши чисту сезонність.

Результати моделювання. Маючи річні продажі для 2013–2016 років та помісячний процент продаж, отримано модельні значення продаж для кожного місяця (Табл. 2).

На рис. 4 відображено продажі певного FMCG товару в межах України протягом 2013–2016 років. Кожного року спостерігаються різкі зростання продажів в липні місяці.

Таблиця 1
Значення сезонних та аномальних коефіцієнтів продажів та 2013 рік

M	mi	Si
m01	-3.07828	0.046038
m02	-2.81656	0.059811
m03	-2.55836	0.077431
m04	-2.97795	0.050897
m05	-2.89213	0.055458
m06	-2.3664	0.093818
m07	-1.58468	0.205013
m08	-2.31413	0.098852
m09	-2.63827	0.071485
m10	-2.46793	0.08476
m11	-2.7193	0.065921
m12	-2.61202	0.073386
m13	0.46238	1.587849
m14	-0.2524	0.776934
m15	-0.39326	0.674851

Джерело: створено авторами

Таблиця 2

Реальні та модельні продажі за 2013 рік

Дата	Продажі, грн.	Модель продаж, грн.
1/1/2013	3,365,744.83	2,779,281.01
1/2/2013	4,070,424.35	3,610,755.66
1/3/2013	7,287,968.60	4,755,926.68
1/4/2013	2,822,340.35	3,072,593.03
1/5/2013	4,760,977.40	3,347,932.95
1/6/2013	5,464,885.65	5,663,681.09
1/7/2013	9,441,605.56	11,619,598.76
1/8/2013	4,563,910.34	5,967,608.26
1/9/2013	3,732,544.97	4,237,334.46
1/10/2013	4,810,004.87	5,024,267.56
1/11/2013	3,943,867.47	3,907,536.79
1/12/2013	5,011,909.48	4,350,055.96

Джерело: створено авторами

Графік на рис. 5 представляє модель побудовану за допомогою методики, викладеної вище. Модель включає два рівні — трендовий і сезонний.

На рис. 6 накладено реальні продажі (червона крива) та сезонно-трендова (зелена крива), яка пролонгована на 2017 рік. Найбільші розбіжності між двома графіками відбуваються в березні 2013 за рахунок промоційною акції, у липні цього ж року, через відсутність товару або інші чинники, також спостерігався спад у березні 2015 року — ще один спад, через дефіцит товару. Математична модель відображає цю різнонаправленість через перевищення коефіцієнтом одиничного значення, тоді спостерігається ріст, або недосягнення коефіцієнтом одиниці, тоді продажі в цьому місяці зменшуються.

Усі решта аномалії вважалися несуттєвими і не брали участь у створенні та розрахунку моделі. Графіки на рис. 6 свідчать про задовільне співпадіння реальних і змодельованих значень, оскільки коефіцієнт детермінації досягнув значення 0.93, що свідчить про високу адекватність запропонованої моделі.

Висновок. Запропонована трьохрівнева економічно-симулятивна модель дозволяє апроксимувати процес сезонних продажів на рівні сезонності і на рівні тренду. На рівні аномалій можна здійснювати симуляції аномалій (промоційних акцій та недостач товару), передбачаючи різкі зміни в продажах та характері сезонності. Запропонована модель може бути використана для планування реальних продажів як на ринку товарів широкого вжитку, так і на інших ринках з яскраво вираженою сезонністю.

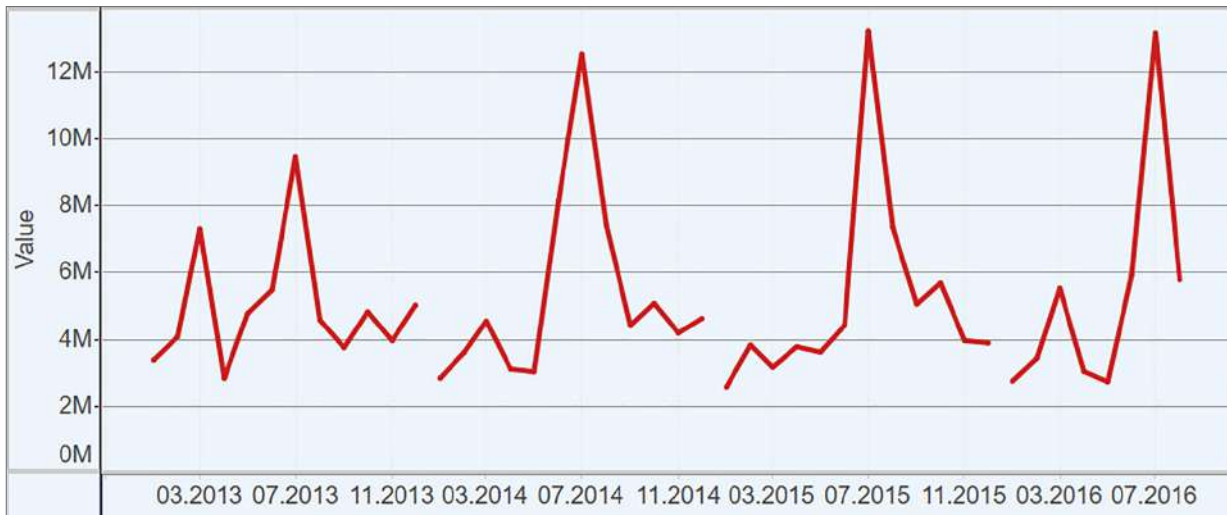


Рис. 4. Графік реальних продаж

Джерело: створено авторами

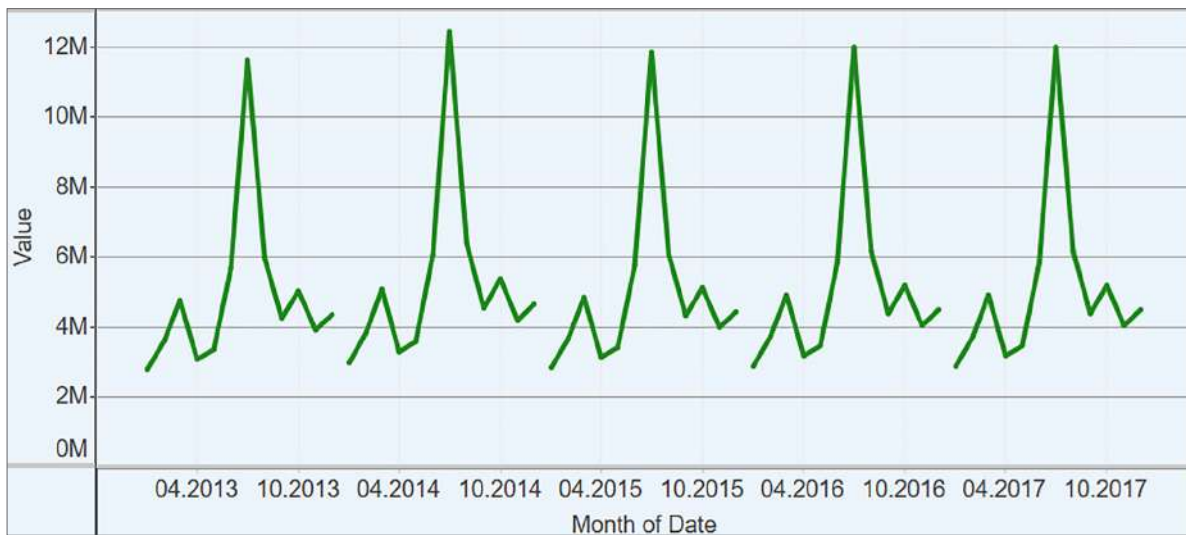


Рис. 5. Розрахована сезонна модель продажів 2013–2017 рр.

Джерело: створено авторами

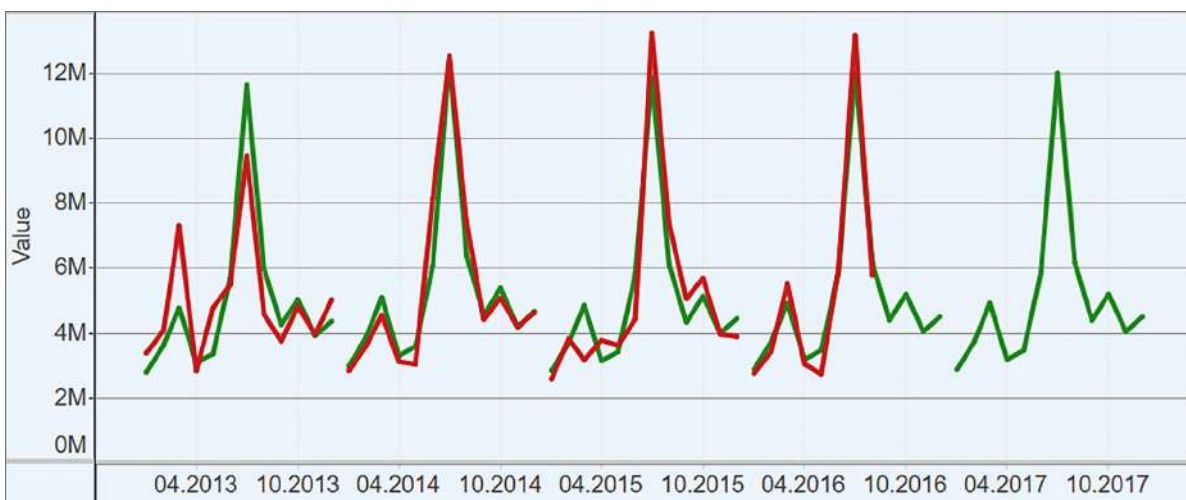


Рис. 6. Графік реальних та прогнозованих продаж

Джерело: створено авторами

Література

1. Бондар О. А. Роль економіко-математичних методів ефективного управління підприємством. *Ефективна економіка* 2013. № 2. <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=2072> (дата звернення: 17.12.2023).
2. Наконечний С. Економетрія : підручник / С. І. Наконечний, Т. О. Терещенко, Т. П. Романюк. Вид. 2-ге, доп. та перероб. К. : КНЕУ, 2000. 296 с.
3. Максимук А. Індикатори інноваційності української економіки. *Вісник Львівського університету. Серія: Міжнародні відносини*. 2013. Вип. 33. С. 248–456. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_Mv_2013_33_30 (дата звернення: 17.12.2023).
4. Здрок В. Економетрія / В. В. Здрок, Т. Я. Лагоцький [+компакт диск]. К. : Знання, 2010. 118 с.