

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ Й ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 519.86

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АСОРТИМЕНТУ ТОВАРІВ МАЛОГО ПІДПРИЄМСТВА

О.Г. Климко, В.С. Рибас.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

© Климко О.Г., 2016.

© Рибас В.С., 2016.

Стаття отримана редакцією 15.02.2016 р.

Вступ. Підприємства малого та середнього бізнесу є важливим сектором вітчизняної економіки. Вони насичують ринок товарами й послугами, створюють нові робочі місця, зменшують рівень безробіття. Продуктивна робота таких підприємств поповнює бюджети всіх рівнів, що у свою чергу сприяє розвитку держави [1].

Перевагою підприємництва є те, що невеликий обсяг виробництва і обмежені ресурси змушують їх швидко реагувати на тенденції ринку й розробляти та реалізовувати товари для задоволення потреб споживачів, а також швидко пристосовуватися до нових умов. Формування оптимального асортименту товарів, які доступні за ціною для різних груп споживачів, є одним із ключових моментів функціонування промислових підприємств. Для збереження власної ринкової позиції потрібно впорядковувати та скорочувати саме асортимент продукції, котрий є інструментом для зростання обсягів реалізованої продукції й успішної конкурентної діяльності.

Для кожного підприємства визначення найбільш ефективного асортименту продукції, що буде виготовлятися / реалізовуватися, є надзвичайно важливим. Використання економіко-математичного моделювання до показника асортименту продукції дозволяє: розподілити його за класами й критеріям АВС-аналізу, визначити принципи та параметри керування для кожного класу, провести аналіз та здійснити прогнозування значень на майбутній період.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Застосування механізму АВС-аналізу для розв'язання проблем ефективного управління виробництвом виникла більше ніж сто років тому. Першим його відкрив та використав італійський економіст, математик і соціолог Вільфредо Парето (1848–1923 рр.). Він досліджував статистику розподілу багатства серед громадян Мілану. Цей механізм продовжують застосовувати в наш час. Розвиток комп'ютерних технологій дозволяє створювати все більшу кількість програм для проведення аналізу функцій підприємства. Останнім часом українські та російські фахівці: Т. А. Репіч [2], Є. П. Голубков [3], С.В. Афанасьєв [4], Є. В. Крикавський [5], А. Ю. Корабахіна [6] та інші, висвітлювали положення цього методу у своїх працях.

Сфери застосування АВС-аналізу охоплюють в основному всі функції підприємства. Без нього неможливо уявити стратегічне та проектне планування, аналіз ринку, планування асортименту, регулювання випуску готової продукції, регулювання доходів, кадрової політики, систем забезпечення виробничими ресурсами та збереження готової продукції, сфер маркетингу, збуту, логістики, аналізу господарської діяльності підприємства і т.д. [2].

Постановка завдання. Завдання полягає у виконанні АВС-аналізу товарного асортименту, визначенні частини асортименту, яка забезпечує більшу прибутковість; побудові економіко-математичні моделі для аналізу та прогнозування майбутнього попиту на прикладі приватного підприємства «Зернопродукт» Полтавського регіону.

Основний матеріал і результати. Приватне підприємство «Зернопродукт» здійснює виробничу, торгово-посередницьку, комерційну та господарську діяльність для одержання прибутку (доходу). Основними предметами діяльності є:

- оптова й роздрібна торгівля продовольчими товарами;
- торговельно-закупівельна та посередницька діяльність;
- організація діяльності підприємства громадського харчування;
- здійснення експортно-імпортних комерційних операцій.

Торгівля у період ринкової економіки характеризується загостренням конкуренції, розширенням асортименту продукції. У свою чергу це вимагає постійного вивчення потреб споживачів. Підприємства повинні приймати рішення стосовно вибору товарів, які будуть складати асортимент продажу. Від правильної оцінки прибутковості кожного товару залежить збільшення продажу та підвищення ефективності асортименту.

АВС-аналіз – це метод, що дозволяє виконувати класифікацію ресурсів підприємства за ступенем їх важливості з точки зору обсягів або доходів від реалізації. Він базується на принципі Парето: «за більшість можливих результатів відповідає незначна кількість причин», нині відоме як «правило 20 на 80» [4, 7].

Згідно із принципом Парето, 20% зусиль забезпечують 80% результату, а решта 20 % результату досягається 80 % зусиль [6]. Класифікацію можна виконувати за різними параметрами: за постачальниками, складськими запасами, покупцями, тривалими періодами продажів – усіма, що мають достатню кількість статистичних даних. Результатом АВС-аналізу є групування об'єктів за ступенем впливу на загальний результат.

Група А – найважливіші ресурси, які завжди повинні бути наявними у асортименті. Якщо параметр використовується обсяг продажу, то до цієї групи входять лідери за кількістю. Якщо параметром є торгова націнка, то такої групи входять найбільш прибуткові товари. Компанія буде нести значні втрати при різкому зниженні ефективності цієї групи ресурсів, а отже, ресурси групи А повинні жорстко контролюватися, чітко прогнозуватися, бути максимально конкурентоспроможними і не втрачати свої сильні сторони. На таку групу повинні бути виділені максимальні інвестиції, кращі ресурси. Загальна вага цих ресурсів становить 75–80% сумарної ваги всіх позицій.

Група В – група ресурсів, які забезпечують хороші стабільні продажі / прибуток компанії. Ці ресурси також важливі для компанії, але можуть змінюватися більш спокійними і помірними темпами.

Вони зазвичай відносно стабільні в короткостроковій перспективі. Інвестиції в такий вид ресурсів компанії не значні й необхідні тільки для підтримки існуючого рівня. До групи відносять приблизно 1/3 позицій, загальна вага яких складає 10–15%.

Група С – найменш важлива група в компанії. Зазвичай ресурси групи С тягнуть компанію вниз або не приносять прибутку. Сумарна вага ресурсів групи на рівні 5–10% [3].

У роботі застосовано АВС-аналіз для ранжування різних альтернатив одного типу продукції. Проведення АВС-аналізу можна поділити на чотири основні етапи, які наведено на рисунку 1.

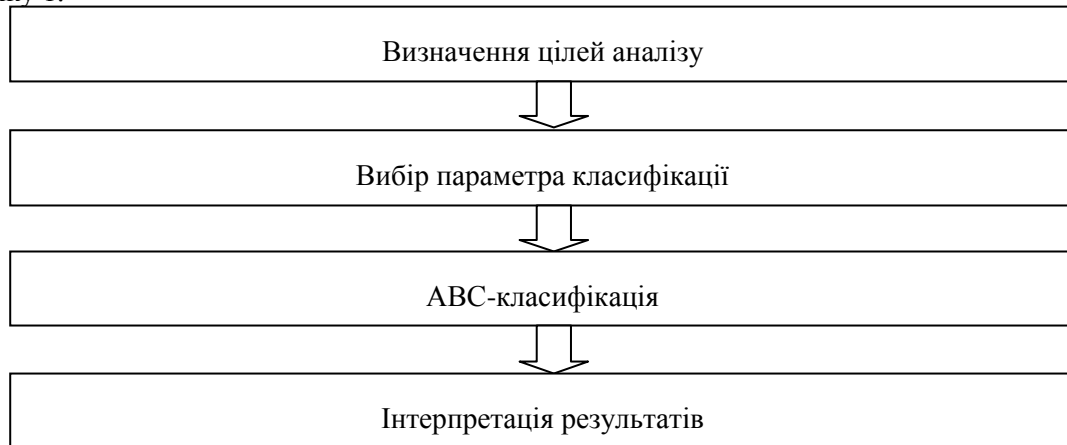


Рис. 1. Основні етапи АВС-аналізу

Для прикладу досліджено асортимент молочної продукції (селянського масла) приватного підприємства. Виконано АВС-аналіз з метою виявлення тих категорій продуктів із групи, котрі складають найбільшу частку в товарообігу підприємства, а отже, приносять вагому частину прибутку. У групі з найбільшим (А) та середнім (В) попитом потрапили види масла, товарообіг яких за 2013–2015 роки мав найбільший обсяг.

Результати проведеного дослідження наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку АВС-аналізу

Види масла	Обсяг реалізації, шт.	Частка значення фактора в сумарному обігу, %	Накопичувальна частка значень фактора в сумарному обігу, %	Група
Масло «Сел. Екстра «Охтирський смак», 82,5% фас. 0,2 кг («Славна»)	35 192,00	33,27	33,27	А
Масло «Селянське», 72,6%, 0,2 кг. («Славна»)	34 110,00	32,24	65,51	
Масло «Селянське» пергамент, 72,6%, 0,5 кг («Славна»)	25 688,00	24,28	89,79	В
Масло фас. «Елітне», 73,5%, 0,2 кг. («Славна»)	5 075,00	4,80	94,59	
Масло солод. сел. ваг., 73% («Славія»)	3 555,00	3,36	97,95	С
Масло «Селянське солодк.», лоток, 72,6%, 0,3 кг («Славна»)	866,00	0,82	98,77	
Масло «Селянське солодк.», лоток, 72,6%, 0,5 кг («Славна»)	780,00	0,74	99,51	
Масло солодковершкове селянське, 0,2 кг, 73% («Славія»)	390,00	0,37	99,88	
Масло шоколадне, 62% ваг. («Славна»)	130,00	0,12	100,00	
Всього	105 786,00	100,00		

У цьому прикладі нижня межа границі А складає 65,51 % від усього товарообігу масла. Нижня межа групи В – 94,59%. Усе, що нижче, відносять до групи С. Група В відповідає 29,08 % від усього товарообігу масла та група С – 5,41%.

Найбільш затребуваними, тобто більш «вигідними» для реалізації є, ті види продукції, що потрапили до групи А: масло виробництва «Славна» – «Селянське Екстра «Охтирський смак», 82,5%, фасоване 0,2 кг (частка в обігу – 33,27%) і «Селянське», 72,6%, 0,2 кг (32,24%).

У кожній групі обчислено кількість та частку найменувань. Група А і В по два найменування (по 22,2%) та група С – п'ять найменувань (55,6%). До складу групи С увійшли продукти, які менш користуються попитом, але відкидати їх не можна. Потрібно провести додаткове дослідження, щоб виявити, чому виникла така ситуація та що потрібно робити: вилучати з реалізації, змінювати, продовжувати використовувати.

Отримані дані можна застосувати для подальшого аналізу товарної групи та побудови моделі прогнозування майбутнього попиту.

На практиці для опису тенденції розвитку явища широко використовують моделі кривих зростання, які являють собою функції часу.

Правильно вибрана модель кривої зростання повинна відповідати характеру зміни тенденції досліджуваного явища. Крива зростання дозволяє отримати вирівнянні або теоретичні значення рівнів динамічного ряду. Це ті рівні, котрі спостерігались би у випадку повного збігу динаміки явища з кривою. Прогнозування на основі моделі кривої зростання базується на екстраполяції, тобто на продовженні на майбутнє тенденції, що спостерігалася у минулому.

Для продукції, яка приймає найбільшу частку в обігу (масло «Селянське Екстра «Охтирський смак», 82,5% фасоване, 0,2 кг) розроблено економіко-математичні моделі: лінійну, степеневу та експоненційну. Перші дві моделі побудовано методом найменших квадратів. Він визначає за допомогою надбудови MS Excel «Пошук рішення» параметри моделі, при яких квадрат відхилення розрахункових та аналітичних значень – найменший. При побудові експоненційної моделі застосовано функцію ЛНІЙН(). Дані використано за 2013–2015 роки.

При застосуванні кривих зростання, що не є поліномами, необхідно використовувати заміну змінних, які дозволяють визначити параметри лінії зростання за допомогою системи лінійних рівнянь.

Отримані моделі:

– Лінійна – $y = 960,127 + 373,19t$;

– Степенева – $y = 1055,55t^{0,64018}$;

– Експоненційна – $y = e^{7,1763+0,1344t}$.

Для будь-якої економіко-математичної моделі питання про можливість її застосування для аналізу та прогнозування економічного явища може бути вирішено після встановлення адекватності, тобто відповідності досліджуваному процесові чи об'єкту.

Для перевірки адекватності моделей було застосовано такі критерії:

- 1) критерій серій – визначення випадковості відхилень від тренда;
- 2) критерій піків – перевірка рівності нулю математичного сподівання;
- 3) R/S-критерій – визначення відповідності розподілу залишкової компоненти нормальному закону;
- 4) критерій Дарбіна–Уотсона – встановлення незалежності значень залишкової компоненти [8].

Результати перевірки надано у таблиці 2.

З отриманих результатів видно, що потрібно застосовувати експоненційну модель. Вона відповідає всім критеріям адекватності.

Таблиця 2

Перевірка адекватності моделей фактичним даним

Критерій	Критерій серій	Критерій піків	Рівність математичного сподівання залишкової компоненти нулю	Критерій Дарбіна–Уотсуна	Висновки
Умова адекватності	$k_{max} < k \ v > v_1$	$p > m$	$t_{розр} < t_{крит}$	$d > d_2 \ d > d_1$	Висновки
Значення постійних показників	$k = 6 \ v_1 = 2$	$m = 3$	$t_{крит} = 2,23$	$d_1 = 0,91 \ d_2 = 1,32$	
Експоненційна модель	$k_{max} = 4 \ v = 3$	$p = 5$	0,0129	$d = 1,541016$	адекватна
	адекватна	адекватна	$\mu = 0$	адекватна	
Лінійна модель	$k_{max} = 3 \ v = 5$	$p = 6$	3,0650E-09	$d = 0,688012$	не адекватна
	адекватна	адекватна	$\mu = 0$	не адекватна	
Степенева модель	$k_{max} = 3 \ v = 5$	$p = 6$	4,8096E-02	$d = 0,568543$	не адекватна
	адекватна	адекватна	$\mu = 0$	не адекватна	

При визначеності точності прогнозу було розглянуто основні характеристики моделей прогнозування для екстраполяції обсягу реалізації продукту, які подано у таблиці 3. Усі досліджені моделі надають показники точності в межах норми. Степенева модель має кращі результати, але перевірку на адекватність аналітичним даним вона не пройшла.

Отже, при аналізі показників обсягу реалізації продукції доцільно використовувати експоненційну модель. Це підтверджено критеріями адекватності моделі фактичним даним.

Для оцінювання якості отриманої моделі визначено коефіцієнт детермінації R^2 , який характеризує достовірність апроксимації. Чим ближче R^2 до одиниці, тим модель є кращою. У цьому розрахунку коефіцієнт детермінації приймає значення 0,8988, що є достатньо високим результатом.

Таблиця 3

Визначення кращої моделі

Коефіцієнти	Експоненційна модель	Лінійна модель	Степенева модель
коефіцієнт детермінації R^2	0,8988	0,9719	0,9768
коефіцієнт кореляції R	0,9481	0,9859	0,9883
критерій Фішера $F_{роз}$	35,5404	138,3707	168,754
критерій Фішера критичне значення $F_{кр}$	4,45897	4,45897	4,45897
критерій Стьюдента $t_{роз}$	8,431	99,247	120,733
критичне значення критерію Стьюдента $t_{кр}$	2,306	2,306	2,306
Квадрат відхилення S^2	199 324,18	55 358,02	45 621,83

З надійністю $P=0,95$ розраховано критерії Фішера та Стьюдента (розрахункові й критичні), які підтверджують статистичну значимість моделі регресії. Модель є адекватною експериментальним даним ($F_{роз} = 35,5404 > F_{крит} = 4,4597$), тому на її основі можна здійснювати економічний аналіз та знаходити значення прогнозу. Оскільки $t_{роз} = 8,431 > t_{крит} = 2,306$, то коефіцієнти моделі регресії вважаються значимими.

Для прогнозування асортименту продукції підприємства необхідно застосовувати експоненційну модель

$$y = e^{7,1763+0,1344x}$$

Для більш наочного представлення реальних та розрахункових даних наведено діаграму (рис. 2).



Рис. 2. Графічна реалізація моделі

За результатами розрахунку прогнозні значення обсягів реалізації масла виробництва Славна – «Селянське Екстра «Охтирський смак», 82,5%, фасоване 0,2 кг: на IV квартал 2015 р. складає 6 560 шт., та на I квартал 2016 р. – 7 503 шт.

Висновки. Дослідивши кількість реалізованої продукції на продовольчій базі, виокремили три групи товарів: група А, що приносить максимальний прибуток із продажу, група В, які забезпечує стабільні продажі, та найменш важлива група С. Саме таке ранжування дає змогу особі, котрі приймає рішення, впливати на доходи підприємства. Цей метод доречно застосовувати іншим підприємствам.

Розрахована економіко-математична модель дає змогу прогнозувати різноманітні процеси: вивчення потреб у товарах і послугах (з розрахунку на душу населення), дослідження ефективності використанні ресурсів та ін.

У подальших дослідженнях можна розглянути фактори, які впливають на кількість реалізованої продукції, вибрати найбільш значимі та розробити багатофакторну економіко-математичну модель.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аналітичний звіт про стан і перспективи розвитку малого та середнього підприємництва в Україні // Державна служба України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва. – К., 2013. – 55 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dkrr.gov.ua/info/1220>.

2. Репіч Т. А. АВС-аналіз як інструмент упорядкування асортименту / Т.А. Репіч // Наукові праці НУХТ. – № 17, 2005. – С. 292–294. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/2912>

3. Голубков Е. П. АВС- и XYZ-анализ: проведение и оценка результативности / Е.П. Голубков // Маркетинг в России и за рубежом. –2010. – № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mavriz.ru/articles/2010/3/5360.html>

4. Афанасьев С. В. Метод треугольника в АВС-анализе / С. В. Афанасьев // Маркетинг в России и за рубежом. 2007. – № 2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mavriz.ru/articles/2007/2/4729.html>

5. Крикавський Є. В. Логістика: компендіум і практикум: навч. посіб. / Є. В.Крикавський, Н. І.Чухрай, Н. В.Чорнописька – К., Кондор, 2009. – 338 с.

6. Корабахіна А.Ю. Особливості застосування АВС-аналізу у процесі формування товарного асортименту сільськогосподарської продукції // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2014. Т.2. Вип. 3. – С. 75–82. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Visnyk-agrarnoi-nauky-Prychornomozja/VANP2014/VANP-2014-3\(80\)-t2/VANP-2014-3\(80\)-t2_75-82.pdf](http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Visnyk-agrarnoi-nauky-Prychornomozja/VANP2014/VANP-2014-3(80)-t2/VANP-2014-3(80)-t2_75-82.pdf)

7. Центр управління фінансами. CENTER-YF. АВС-анализ. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://center-yf.ru/data/Marketologu/ABC-analiz.php>

8. Климко О. Г. Застосування адаптивних моделей для прогнозування рівня доходів малого підприємства / О. Г. Климко, Ю. М. Черниш // Радиоэлектроника и информатика. – № 4 (63) – Харків : ХНУРЕ, 2013. – С.44–47.

UDC 519.86

Olena Klymko, senior lecturer of Economic Cybernetics department. **Viktoriia Rybas**. Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. **Economic-mathematical modeling of the goods range of small enterprise.** Entrepreneurship is an important sector of national economy which quickly reacts to market tendencies. One of the main moments of the enterprises functioning is formation of the optimum product range which can be determined by the ABC analysis mechanism.

Object of study. Private enterprise which carries out production, trade-intermediary, commercial and economic activity for the purpose of profit (income) receiving. Subject of study. The range of goods. The aim of the study. The analysis of the goods range, the definition of the range, which provides greater profitability. Creation of the economic and mathematical models for analysis and future demand forecasting on the example of private enterprise.

Research methods. ABC analysis for enterprise resources classification according to their importance in terms of sales. The analysis of commodity group and creation of future demand forecasting model by means of economic-mathematical modeling.

In this article the range of dairy products is analyzed. The ABC analysis is carried out, products which have the greatest share in the enterprise commodity turnover are defined. The quantity and share of items are counted in each group. Group A and B - 2 items (22,2% each) and group C - 5 items (55,6%). The obtained data is applied to the further commodity group analysis and creation of future demand forecasting model.

Economic-mathematical models: linear, power law and exponential, are developed for goods which take the largest share in turnover («Selianske Ekstra «Okhtyrskyi smak» butter packed 0.2 kg). Models are tested for adequacy using peaks and series criteria, R/S-criteria and Durbin Watson criteria. Determination coefficient, Fischer criteria and Student's t-test (settlement and critical) are defined for a quality assessment of the received models.

By the results of check it is expedient to apply exponential model which is adequate to experimental data for the further research, on its basis it is possible to carry out the economic analysis and to find the forecast value.

The results of the carried-out classification by means of ABC analysis, allow the person, who is making the decision, to influence the income of the enterprise. This method is appropriate to apply to other companies. The exponential calculated model allows to predict various processes: in research of goods and services (per capita) needs, in research of resource efficiency, etc.

Keywords: ABC analysis, economic-mathematical modeling, forecasting, adequacy of model, Fischer criterion, Student's t-test.

УДК 519.86

Климко Елена Генриховна, старший преподаватель кафедры экономической кибернетики. **Рыбас Виктория Сергеевна**. Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка. **Економіко-математичне моделювання асортименту товарів малого підприємства.** Проведен ABC-аналіз товарного асортименту малого підприємства. Определена часть асортимента, которая обеспечивает большую прибыль. Построено экономико-математические модели этой группы товаров. Проверена их адекватность исследованному объекту. Определены прогнозные значения будущего спроса для эффективного планирования деятельности предприятия.

Ключевые слова: ABC-анализ, экономико-математическое моделирование, прогнозирование, адекватность модели, критерий Фишера, критерий Стьюдента.

УДК 519.86

Климко Олена Генріхівна, старший викладач кафедри економічної кібернетики. **Рибас Вікторія Сергіївна**. Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. **Економіко-математичне моделювання асортименту товарів малого підприємства.** Виконано ABC-аналіз товарного асортименту малого підприємства. Визначено частину асортименту, яка забезпечує більшу прибутковість. Побудовано економіко-математичні моделі цієї групи товарів. Перевірено їх адекватність досліджуваному об'єкту. Визначено прогнозні значення майбутнього попиту для ефективного планування діяльності підприємства.

Ключові слова: ABC-аналіз, економіко-математичне моделювання, прогнозування, адекватність моделі, критерій Фішера, критерій Стьюдента.