

УДК 330

DOI: 10.31891/2307-5740-2020-284-4-21

ІВЧЕНКО І. Ю., ЧУГУНОВ А. А., СЕМЕНОВ А. С.

Одеський національний політехнічний університет

ТЕОРЕТИКО-ІГРОВА МОДЕЛЬ ВИБОРУ СТРАТЕГІЇ ПОВЕДІНКИ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА РИЗИКУ

У роботі досліджується можливість використання ігрової моделі для вибору раціональної стратегії закупівель торгівельного підприємства в умовах невизначеності і ризику.

Ключові слова: економіко-математичні моделі, портфель проектів, портфельне управління, IT-підприємство.

IVCHENKO I., CHUGUNOV A., SEMENOV A.

Odessa National Polytechnic University

ANALYSIS OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS OF PORTFOLIO MANAGEMENT IN THE ACTIVITY OF IT ENTERPRISE

The article is devoted to one of the important problems – the improvement of economic and mathematical tools for optimal management of commercial enterprises. In modern economic conditions, the purpose of enterprise management is not only to improve the state of the enterprise, but also a mutually beneficial relationship with the external economic environment. Scientific management measures are gaining more and more weight, so in the field of trade there is an urgent need to build economic and mathematical models for choosing the best strategy for procurement and marketing. The article demonstrates the practical implementation of the model of finding the best procurement strategy. The search is done on the example of an abstract trading company. The article proposes methods of mathematical description of possible strategies of a trade enterprise in relation to the volume of purchases of products. A multi-criteria theoretical-game model for optimization of managerial decision-making in a situation of uncertainty and risk is developed. The proposed model uses the criteria of pessimism-optimism to increase the efficiency of the enterprise. The possibility of making managerial decisions to choose the optimal strategy for purchasing goods using the matrix of effective demand is demonstrated. The possibility of using the strategies of Wald, Savage and Hurwitz to form a choice of rational economic strategy of enterprises is analyzed. The analysis is carried out and the optimal solution is found with the use of the analyzed game economic-mathematical model.

Keywords: economic and mathematical models, management decision-making strategy, uncertainty coefficient, game model, pessimism criterion, optimism criterion, game theory.

Постановка проблеми. Метою даної роботи є дослідження процесу вибору раціональної господарської стратегії підприємств в умовах невизначеності і ризику на прикладі функціонування оптово-торгівельної фірми і завдання визначення обсягів оптових закупівель у постачальників в залежності від коливань платоспроможного попиту населення. Обговорюється можливість і ставиться завдання розробки економіко-математичної моделі діяльності торгівельного підприємства за вибором раціональної стратегії закупівель товару на основі принципів і методів теорії ігор.

Аналіз останніх джерел. Проблема прийняття рішень в умовах невизначеності і ризику розглядалася багатьма вченими. Ризик притаманний будь-якій і, тим більше, економічній сфері діяльності, і теорія ризику відноситься до однієї з найбільш вивчених областей економічної науки. Одним із засновників теорії ризиків вважають А. Маршалла [1]. Він припустив, що підприємець, який працює в умовах невизначеності, під час укладання угоди або прийняття рішення керується розміром очікуваного прибутку і величиною її можливих коливань. При однаковому розмірі очікуваного прибутку підприємець вибере той варіант, де коливання прибутку менше.

За останні кілька років з'явився ряд робіт з теорії ризику вітчизняних і зарубіжних економістів. Практичні аспекти теорії ризику розглянуті в роботах Бланка І. А. [2], В. Вітлінського [3] та ін.

Для обґрунтування рішень в умовах невизначеності, коли ймовірності можливих варіантів обстановки невідомі, розроблені спеціальні математичні методи, які розглядаються в теорії ігор. Теорія ігор належить до найбільш молодих математичних дисциплін. Її засновниками вважаються Нейман і Моргенштерн [4]. Надалі теорія ігор перетворилася в самостійне математичний напрямок. У сучасній економічній літературі існують різні підходи до застосування економіко-математичних методів обґрунтування вибору раціональної господарської стратегії фірми в умовах невизначеності і ризику.

Цілі статті/постановка завдання. У даній статті для обґрунтування вибору комерційної стратегії з метою зменшення ступеня комерційного ризику пропонується використовувати ігрову модель і критерії теорії ігор для оптимізації цієї моделі.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо господарську стратегію фірми в сфері закупівель продукції певного асортименту в припущенні, що фірма має кілька каналів збуту продукції. Під стратегією фірми будемо розуміти структуру і обсяг закупівель товару певного асортименту.

На вибір стратегії фірми впливає фактор невизначеності, пов'язаний з обсягами споживчого попиту населення на ці товари. У зв'язку з цим можна виділити кілька класів стану попиту на продукцію:

- а) низька залежність від коливань попиту і пропозиції (щомісячний обсяг випуску продукції з стійкими зв'язками зі збуту на ряд років);
- б) середня залежність від попиту і пропозиції (щомісячний обсяг виробів зі стійким збутом, але на нетривалий термін);
- в) висока залежність від ринку (щомісячний обсяг продукції, забезпечений тільки разовими закупівлями);
- г) абсолютна залежність від попиту і пропозиції (місячна продукція, яку купують на невизначений термін).

У разі несприятливої кон'юнктури ринку виникає ризик недоотримання прибутку. У зв'язку з цим має місце ситуація ризику, яка є наслідком дії фактора невизначеності. Виникає задача визначення оптимальної стратегії оптових закупівель у сфері товарного обігу з метою мінімізації комерційного ризику.

Сформулюємо математичну модель даної ситуації в термінах теорії ігор.

У загальному випадку постановку задачі оптимізації в умовах ризику представимо в такій спосіб:

- фірма може прийняти m можливих рішень (стратегій) про обсяги закупівель продукції $S = (s_1, s_2, \dots, s_m)$;
- можливі n припущень $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ про обсяги споживчого попиту населення (класах стану попиту на продукцію);
- результат, так званий вигравш a_{ij} , відповідний кожній парі поєднань (s_i, q_j) , задамо у вигляді матриці ефективності (матриці платоспроможного попиту);
- показник ризику r_{ij} при настанні стратегії S_i і стані кон'юнктури ринку q_j показує величину недоотримання прибутку за несприятливих умов.

Вибір стратегії закупівель, їх оптимізація залежать від коливань попиту, платоспроможності, районування та інших факторів, що впливають на продаж.

Показник ризику r_{ij} при настанні стратегії S_i і стані кон'юнктури ринку q_j показує величину недоотримання прибутку при несприятливих умовах.

Потрібно вибрати оптимальну стратегію закупівель, тобто визначити обсяг оптових закупівель у постачальників залежно від ймовірних коливань платоспроможного попиту населення в районах реалізації товару. Таким чином, мета завдання полягає в оптимізації функції і виборі відповідної їй стратегії фірми S_{opt} .

Вихідні дані для вирішення ігрової моделі, представлені в табл. 1.

Є m стратегій закупівель продукції із заданими обсягами закупівель. Поставимо у відповідність стратегіям закупівель варіанти попиту на цю продукцію. Відома також матриця a_{ij} – матриця платоспроможного попиту. Взагалі платіжну матрицю a_{ij} можна розглядати як показник ефективності прийнятих рішень (програвш або вигравш).

Таблиця 1

Таблиця ефективності стратегії обсягів закупівель продукції

Стратегії обсягів закупівель продукції, s_i	Класи стану попиту на продукцію, q_j			
	q_1	q_2	...	q_n
S_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
S_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
S_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

Складемо математичну модель в термінах теорії ігор для вирішення поставленого в дослідженні завдання. Нехай матриця платоспроможного попиту a_{ij} – це матриця вигравшів (прибуток підприємства при виборі однієї зі стратегій закупівлі при відповідному розмірі попиту на продукцію). Скористаємося песимістичним критерієм максиміна. Він полягає в тому, що суб'єкт обирає ту стратегію поведінки, яка гарантує йому найкращий з усіх найгірших результатів дій. Для пошуку максиміна по цьому критерію (критерій Вальда), найкраща стратегія підприємства S_{opt} визначається формулами:

$$\alpha_i = \min_j a_{ij}$$

$$\varphi = \max(\min_j a_{ij})$$

Знайдене за цим критерієм значення функції φ відповідає найбільшому гарантованому в умовах невизначеності результату. Максимінна оцінка за задає найбільш обережну поведінку підприємця та є абсолютно надійною при ухваленні рішення в умовах ризику та невизначеності.

Нехай тепер матриця платоспроможного попиту a_{ij} це матриця програвшів (витрати підприємства для кожної з стратегій закупівель). Найкращім в даному випадку буде найменший результат. Відповідно до песимістичного критерію Вальда по кожній стратегії закупівель виберемо рішення, мінімізуючи максимальний програвш за допомогою формули:

$$\beta_i = \max_j a_{ij}$$

$$\varphi = \min(\max_j a_{ij})$$

Виходячи з цього критерію, яка б ситуація попиту не настала, програш буде не більше, ніж отримане значення функції φ . І відповідно до нього вибирається стратегія закупівель S_{opt} . Ця лінія поведінки в умовах невизначеності дозволяє підприємцю бути досить обережним. Ще більш обережним є критерій Севіджа. Для нього спочатку розраховується показник ризику. Якщо матриця платоспроможного попиту a_{ij} є матрицею програшів, будується матриця ризиків r_{ij} . Елементи цієї матриці – це різниця між максимально можливим виграшем та виграшем в разі обрання стратегії:

$$r_{ij} = \beta_j - a_{ij}$$

де значення ризику $r_{ij} > 0$.

Матриця ризиків є основою песимістичного критерію Севіджа, у якому пропонується скористатися стратегією S_i за допомогою формули:

$$\varphi = \min(\max_j r_{ij})$$

Критерій Севіджа дає можливість знайти стратегію поведінки (стратегії закупівель), за якої величина ризику приймає мінімальне значення навіть в найбільш несприятливій ситуації.

Найбільш ризиковане рішення пропонує критерій крайнього оптимізму. Для платіжної матриці витрат на закупки товару це вибір кращого з кращих, тобто вибір:

$$\varphi = \min(\min_j a_{ij})$$

Це найбільш ризикований критерій. Але, щоб дотримуватися певної проміжної позиції при виборі рішення, наприклад, про оптову закупівлю товару, можна скористатися критерієм песимізму-оптимізму Гурвіца. Він є комбінацією песимістичного критерію Вальда і критерію надзвичайного оптимізму. Вибір варіанта закупівель здійснюється за допомогою показника песимізму-оптимізму X :

$$\varphi = \min Y_i = [\min(X \min a]_{ij} + (1 - X) * \max a_{ij}]$$

Значення показника песимізму-оптимізму знаходиться в інтервалі (0; 1). Показник характеризує ступень оптимізму-песимізму. Чим ближче до 1, тим більш обережна поведінка підприємця.

Якщо матриця платоспроможного попиту представляє собою матрицю виграшів (прибутку), вибирається стратегія за допомогою функції:

$$\varphi = \max Y_i = [\max(X \min a]_{ij} + (1 - X) * \max a_{ij}]$$

На наступному кроці слід порівняти результати, які були отримані за допомогою всіх розглянутих вище критеріїв. Якщо рекомендовані стратегії збігаються, то слід вибрати цю стратегію закупівель (S_{opt}). Якщо ні, то однозначний вибір зробити не вдалося. В такому випадку рішення залежить від схильності підприємця до ризику.

Проілюструємо вказаний алгоритм вирішення задачі на реальних даних, наведених в таблиці 2.

Таблиця 2

Контрольний приклад

Обсяг оптових закупівель S , тис. грн	Розмір прибутку a_{ij} залежно від ймовірних коливань попиту, тис. грн				$\alpha_i = \min a_{ij}$	φ	$\beta_i = \max a_{ij}$
	4450,8	8901,6	14041,5	20110			
$S_1 = 8901,6$	448,2	1864,7	1864,7	1864,7	448,2	448,2	1864,7
$S_2 = 14041,5$	-0,54	707,02	2005,5	636,4	-0,54		2005,5
$S_3 = 20110$	-10,35	468,05	670,3	1940,2	-10,35		1940,2
$\beta_j = \max a_{ij}$	448,2	1864,7	2005,5	1940,2			

1. За критерієм Вальда знайдемо максимінну стратегію: якщо ми вибираємо стратегію S_1 , то найгірший з усіх можливих результатів полягає в тому, що розмір одержуваного чистого доходу складе:

$$\alpha_1 = \min a_{ij} = \min(448,2; 1864,7; 1864,7; 1864,7) = 448,2 \text{ (тис. грн)}$$

Аналогічно знаходимо для інших стратегій найгірші результати (табл. 2).

На цій підставі найкращим рішенням S_{opt} буде:

$$\varphi = \max \alpha_i = \max(\min_j a_{ij})$$

Тоді: $\varphi = \max(448,2; 0,54; 10,35) = 448,2$ (тис. грн.). Обрати стратегію S_1 .

2. Знайдемо мінімаксну стратегію:

Для першого рядка таблиці це рішення складе:

$$\beta_i = \max(448,2; 1864,7; 1864,7; 1864,7) = 1864,7 \text{ (тис. грн)}$$

Для наступних рядків вибираємо значення аналогічно. З огляду на це найгірший варіант буде визначатися виразом:

$$\varphi = \min \alpha_i = \min(\max_j a_{ij}).$$

3. Для подальших розрахунків використовуємо показник ризику:

$$r_{ij} = \beta_j - a_{ij}$$

На цій підставі будемо матрицю ризиків (табл. 3).

Таблиця 3

**Рівень комерційного ризику фірми при різних співвідношеннях
ймовірного попиту і стратегії закупівель, тис. грн**

R_{ij}	4450,8	8901,6	14041,5	20110	$\max r_i$	S_{opt}
S_1	0	0	140,8	75,5	140,8	140,8
S_2	448,74	1157,68	0	1303,8	1303,8	
S_3	458,55	1396,65	1335,2	0	1396,65	

Показник ризику є основою мінімаксного критерію Севіджа, відповідно до якого вибирається така стратегія S_1 , при якій величина ризику приймає мінімальне значення в найбільш несприятливій ситуації:

$$\varphi = \min(\max_j a_{ij}) = 140,8$$

Обираємо стратегію S_1 .

4. Скористаємося критерієм Гурвіца.

Припустимо, що в основі обчислень лежала песимістична оцінка, і припустимо, що $X = 0,8$. Тоді для кожної стратегії відповідно маємо:

$$Y_1 = 0,8 \cdot 448,2 + (1-0,8) \cdot 1864,7 = 358,56 + 372,94 = 731,5 \text{ (тис. грн)}$$

$$Y_2 = 0,8 \cdot (-0,54) + (1-0,8) \cdot 2005,5 = -0,432 + 401,1 = 400,67 \text{ (тис. грн)}$$

$$Y_3 = 0,8 \cdot (-10,35) + (1-0,8) \cdot 1940,2 = -8,28 + 388,04 = 379,8 \text{ (тис. грн)}$$

$$\varphi = \max Y_i = \max(731,5; 400,67; 379,8) = 731,5 \text{ (тис. грн)} \quad S_1$$

Отже, оптимальною є стратегія S_1 , при якій обсяг закупівель товарів складе 8901,6 тис. грн. Результати розрахунку за критерієм Вальда, Севіджа і Гурвіца збігаються. Значить, все припущення були прийняті вірно. Керуючись результатами, отриманими за допомогою розглянутих критеріїв, можна зробити висновок про те, що фірмі слід вибрати стратегію S_1 і робити закупівлі продукції в обсязі

$$S_1 = 8901,6 \text{ тис. грн.}$$

Висновки

Таким чином, побудована ігрова модель дозволяє сформувати певний клас очікуваних сценаріїв дій фірми і зробити вибір з безлічі таких сценаріїв, в яких розглядається показник ефективності, що досягає оптимального значення. Перевагою розглянутого методу є простота розрахунків, прозора економічна інтерпретація логіки і одержуваних результатів.

Подальший розвиток розглянутої моделі можливий як за рахунок більш змістовної постановки задачі (шляхом додавання додаткових обмежень), так і більш глибокого використання ігрових методів. Застосування апарату теорії ігор дозволяє краще усвідомлювати конкурентну обстановку на ринку і зводити до мінімуму ступінь ризику.

Література

1. Маршал А. Принципы экономической науки : в 3 т. / Маршал А. – М. : Прогресс, 1993.
2. Бланк И.А. Основы финансового менеджмента / Бланк И.А. – К. : Ника-Центр, 1999. – 511 с.
3. Вітлінський В.В. Оцінка, моделювання і оптимізація управління економічним ризиком / Вітлінський В.В. – К. : КГЕУ, 2011. – 247 с.
4. Нейман фон Дж. Теория игр и экономическое поведение / Нейман фон Дж., Моргенштерн О. – М. : Наука, 1970. – 338 с.
5. Івченко І. Ю. Моделювання економічних ризиків і ризикових ситуацій : навч. посібник / Івченко І. Ю. – К. : Центр учбової літератури, 2007. – 344 с.
6. Івченко І. Ю. Моделювання логістики закупівель в умовах невизначеності та ризику / І. Ю. Івченко // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки. – 2019. – № 1. – С. 129–133. – URL : <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/pdfbase/2019/VKNU-ES-2019-N1.pdf>

References

1. Marshal A. Principy ekonomicheskoy nauki : v 3 t. / Marshal A. – M. : Progress, 1993.
2. Blank I.A. Osnovi finansovogo menedzhmenta / Blank I.A. – K. : Nika-Centr, 1999. – 511 s.
3. Vitlinskyi V.V. Otsinka, modeliuvannia i optymizatsiia upravlinnia ekonomichnym ryzykom / Vitlinskyi V.V. – K. : KHEU, 2011. – 247 s.
4. Nejman fon Dzh. Teoriya igr i ekonomicheskoe povedenie / Nejman fon Dzh., Morgenshtern O. – M. : Nauka, 1970. – 338 s.
5. Ivchenko I. Yu. Modeliuvannia ekonomichnykh ryzykiv i ryzykovykh sytuatsii : navch. posibnyk / Ivchenko I. Yu. – K. : Tsentr uchbovoi literatury, 2007. – 344 s.
6. Ivchenko I. Yu. Modeliuvannia lohistyky zakupivel v umovakh nevyznachenosti ta ryzyku / I. Yu. Ivchenko // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2019. – № 1. – S. 129–133. – URL : <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/pdfbase/2019/VKNU-ES-2019-N1.pdf>

Надійшла / Paper received: 07.07.2020

Надрукована / Paper Printed : 28.09.2020