

УДК 519.7

DOI: 10.31891/2307-5740-2018-266-1-129-133

ІВЧЕНКО І. Ю.

Одеський національний політехнічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИКИ ЗАКУПІВЕЛЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА РИЗИКУ

У статті досліджується можливість застосування теорії ігор в закупівельній логістичній діяльності підприємства. Проведено дослідження використання ігрової моделі для визначення обсягів оптових закупівель торговим підприємством в умовах невизначеності і ризику. Проведено аналіз можливості застосування песимістичних критеріїв статистичних ігор для побудови економіко-математичної моделі вибору найкращої стратегії збуту залежно від попиту на продукцію. Розроблено багатокритеріальну теоретико-ігрову модель для оптимізації прийняття управлінських рішень в ситуації невизначеності та ризику для підвищення показників ефективності діяльності підприємства. Проведено аналіз та знайдено оптимальне рішення з використанням розробленої економіко-математичної моделі.

Ключові слова: теорія ігор, фактор невизначеності, ризик, ігрова модель, логістика закупівель.

IVCHENKO I.

Odessa National Polytechnic University

MODELLING OF PROCUREMENT LOGISTICS IN UNCERTAINTY AND RISK CONDITIONS

The work is devoted to one of the important issues of the general problem of improving the economic and mathematical tools - the development of optimal management of logistics activities of trading enterprises. The possibility of using the game theory in the procurement of logistics activities of enterprises for the purpose of the effect distribution of material flows is investigated in the article. The problem is relevant because the material flow is the basis of the logistic flow. The material flow is the flow of production, procurement, sales, aggregation and delivery, consisting of suppliers, warehouses, production and consumers, and is treated as a general flow. Investigation of the process of forming the choice of rational strategy of enterprises in the conditions of uncertainty and risk is carried out on the example of the operation of a wholesale and trading enterprise. In the article the author has set the task to determine the best volumes of wholesale purchases of goods in tune with the fluctuations of the effective demand. The result of the study is the development of the eco-mathematical mode of enterprise's activity by choosing a rational strategy for purchasing goods based on the principles and methods of the theory of games. The game model, which is constructed by the author, allows us to form a pseudo class of anticipated action steps of an enterprise and to make a choice from a set of such scenarios in which the index of effective reaches the optimal value. The consideration of the considered method is the simplicity of calculations, transparent economic interpretation of logic and the received results. Developed a multi-critical game economic and mathematical modality can be used for automation, acceleration, improvement and improvement of logistic activity of enterprises, as well as minimization of risks in making managerial decisions in conditions of uncertainty and risk. Optimal management by the decision-making processes leads to improvement of the operation of the enterprise, increasing the e-activity of the specific processes and the enterprise as a whole.

Keywords: game theory, uncertainty factor, risk, game model, procurement logistics.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями. Без закупівельної логістики неможлива нормальна діяльність практично будь-якого підприємства. Логістика є сполучною ланкою між різними товаровиробниками і координаторами їх роботи. У зв'язку з цим виникає гостра необхідність вдосконалення логістичної діяльності за рахунок прийняття ефективних управлінських рішень.

Моделювання логістичних потоків є важливим елементом керування й необхідним кожному підприємству, що бажає йти в ногу з часом і мати високі показники ефективності виробництва. Основою логістичного потоку є матеріальний потік, тобто потік виробництва, закупівель, збуту, зберігання і доставки, що представляється як єдине ціле і складається з постачальників, складів, виробництва, розподілу та споживачів. Для ефективного розподілу матеріальних потоків пропонується розробити економіко-математичну модель діяльності підприємства для вибору раціональної стратегії закупівель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких покладений початок вирішенню даної проблеми і на які спирається автор. Актуальність даної статті обґрунтовується тим, що в сучасних економічних умовах, коли управління підприємством орієнтоване не тільки на стан самого підприємства, а й на стан зовнішнього економічного середовища, а в структурі господарської діяльності підприємства логістичні заходи набувають все більшу питому вагу, назріла нагальна необхідність побудови економіко-математичних моделей для вдосконалення організації руху матеріальних потоків.

На даний момент розроблено багато методів і моделей логістичної діяльності. Такі моделі засновані на статичних і динамічних методах лінійного та нелінійного математичного програмування. Найбільший інтерес серед існуючих економіко-математичних моделей набувають оптимізаційні моделі [1, 2, 3]. Однак, не дивлячись на велику кількість таких моделей, лише деякі з них набули застосування на практиці. До таких моделей відносяться, наприклад, моделі оптимізації окремих напрямків руху товару, моделі

оптимального розміщення складів, моделі пошуку оптимальної величини партій поставок товарів, оптимальних схем маршрутів перевезень [1, 2, 3].

Підприємства в процесі своєї логістичної діяльності постійно знаходяться в ситуації мінливості зовнішнього і внутрішнього середовища, яка викликана багатоваріантністю явищ і процесів. 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 вчені Дж. фон Нейман і О. Моргенштерн [4]. Надалі теорія ігор перетворилася в самостійний математичний напрямок. А. Вальдом, Л. Гурвіцом, Дж. Севіджем у рамках теорії ігор були розроблені критерії прийняття рішень в умовах невизначеності. Однак ці критерії мали в основному теоретичне застосування і для вирішення питань логістики практично не використовувалися. В реальній практиці процес моделювання завдань, пов'язаних з моделюванням логістики в умовах невизначеності, зводиться, в основному, до евристичних методів або до наближеної підгонки бюджету та строків до затверджених на підприємстві значень. Для підвищення ефективності процесів керування логістичними потоками необхідна розробка актуальної економіко-математичної моделі.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Для ефективної роботи логістичної системи підприємства на різних етапах логістики постають завдання, для вирішення яких розробляють економіко-математичні методи та моделі. Такі завдання можуть бути пов'язані як з розробкою логістичної стратегії компанії взагалі, так і з оптимізацією прийняття управлінських рішень в різних видах логістичної діяльності.

За функціональною ознакою виділяють такі види логістики: закупівельна логістика, виробнича логістика, збутова логістика (логістика розподілу), складська логістика, логістика запасів, транспортна логістика, інформаційна логістика [5]. З метою вивчення наявних властивостей і закономірностей кожного з видів логістики і пошуку оптимального рішення використовують різні моделі.

В даному дослідженні розглядається завдання моделювання логістики закупівель. Мета закупівельної логістики – пошук і оцінка постачальників сировини і матеріалів, вибір оптимальних умов доставки, встановлення з постачальниками взаємовигідних, довгострокових та партнерських відносин. Для моделювання цієї діяльності необхідно попередньо провести ретельний аналіз матеріальних потоків і причин збоїв в роботі.

Для дослідження цих логістичних процесів застосовуються імітаційні, аналітичні та оптимізаційні методи [6]. Результатом проведеного аналізу існуючих у научній літературі методів і моделей логістики став висновок, що, незважаючи на їх переваги, жоден з них у чистому вигляді не дозволяє побудувати модель діяльності підприємства для вибору раціональної стратегії закупівель необхідної точності і деталізації. Існуючі методи і моделі, присвячені проблемам моделювання підприємства, володіють або надмірно узагальненим поглядом на досліджувану проблему, або зайву деталізацію і є складними з точки зору збору вхідних даних. Крім того, різні підприємства мають свою специфіку, що накладає на кожну модель свої особливості. Так само в моделі необхідно враховувати фактор невизначеності, який є невід'ємною частиною сучасної економіки.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою даної роботи є дослідження процесу формування вибору раціональної стратегії підприємств в умовах невизначеності і ризику на прикладі функціонування оптово-торгівельного підприємства і завдання визначення обсягів оптових закупівель у постачальників залежно від коливань платоспроможного попиту населення. Обговорюється можливість і ставиться завдання розробки економіко-математичної моделі діяльності підприємства за вибором раціональної стратегії закупівель товару на основі принципів і методів теорії ігор.

У сучасній економічній літературі існують різні підходи до застосування економіко-математичних методів обґрунтування вибору раціональної господарської стратегії підприємства в умовах невизначеності і ризику. 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 підприємства в сфері логістики постачання (закупівель) продукції в припущенні, що підприємство має кілька каналів збуту. Під стратегією підприємства будемо розуміти структуру і обсяг закупівель товару певного асортименту.

Виділимо наступні стратегії підприємства залежно від стану попиту на продукцію та обсягів споживчого попиту населення на товари:

- а) щомісячний збут має стійкий обсяг продукції на ряд років – низька залежність від змін кон'юнктури ринку;
- б) щомісячний збут має стійкий обсяг продукції, але на нетривалий термін – середня залежність від змін кон'юнктури ринку;
- в) щомісячний обсяг продукції, забезпечений тільки разовими закупівлями – висока залежність від змін кон'юнктури ринку;
- г) місячна продукція, яку купують на невизначений термін – абсолютна залежність від змін кон'юнктури.

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 гуртових закупок в сфері товарного обігу з метою мінімізації ризику [2].

Розробимо математичну модель даної ситуації в термінах теорії ігор.

Постановка задачі оптимізації. Нехай:

$Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ – припущення про обсяги споживчого попиту населення (класах стану попиту на продукцію);

$S = (s_1, s_2, \dots, s_m)$ – кількість можливих стратегій відносно обсягів закупівель продукції, які може прийняти підприємство;

a_{ij} – результат, так званий вигравш, відповідний кожній парі поєднань (s_i, q_j) , задамо у вигляді матриці ефективності;

$A = [a_{ij}]$ – матриця платоспроможного попиту;

r_{ij} – показник ризику при настанні стратегії S_i і стані кон'юнктури ринку q_j , який показує величину недоотримання прибутку за несприятливих умов.

Потрібно вибрати таку стратегію закупівель, яка буде оптимальною. Тобто треба визначити, який повинен бути обсяг оптових закупівель у постачальників залежно від ймовірних коливань платоспроможного попиту населення в районах реалізації товару (S_{opt}) [2].

Розглянемо алгоритм вирішення поставленого завдання з використанням вихідних даних, представлених в табл. 1.

Для цього стратегіям обсягів закупівель продукції поставимо у відповідність класи стану попиту на продукцію, а так само запишемо матрицю платоспроможного попиту з урахуванням того, що a_{ij} – показники ефективності прийнятих рішень (прибуток або збиток).

Таблиця 1

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}

Для вирішення поставленого завдання складемо ігрову модель.

1. Розрахунок почнемо з позиції максиміна, що полягає в тому, що суб'єкт приймає рішення, вибирає чисту стратегію, яка гарантує йому найбільший з усіх мінімальних можливих результатів дій по кожній стратегії.

Виходячи з критерію максиміна, найкраща стратегія S_{opt} визначається формулами:

$$\alpha_i = \min_j a_{ij}, \quad (1)$$

$$\varphi = \max \alpha_i = \max_i (\min_j a_{ij}), \quad (2)$$

де a_{ij} – елементи платіжної матриці (матриці ефективності);

α_i – найменше значення в кожному рядку;

φ – критерій максиміна.

Величина φ відповідає найбільшому гарантованого результату на основі критерію Вальда. Максимінна оцінка за критерієм Вальда є єдино абсолютно надійною при ухваленні рішення в умовах невизначеності.

2. Аналогічні міркування проводяться для співвідношення попиту і стратегії закупівель, з метою виявлення найгіршого результату (розміру прибутку) з усіх найкращих результатів дії по кожній стратегії.

Для цього по кожному варіанту можливого обсягу збуту по кожній стратегії виберемо рішення, максимізуючи вигравш за допомогою формули:

$$\beta_i = \max_j a_{ij}, \quad (3)$$

$$\varphi = \min \alpha_i = \min_i (\max_j a_{ij}), \quad (4)$$

де a_{ij} – елементи платіжної матриці (матриці ефективності);

β_i – найбільше значення в кожному рядку;

φ – критерій мінімакса.

Цим виразом визначається найгірший варіант і виходячи з цього критерію вибирається мінімаксна стратегія S_{opt} .

3. Для подальших розрахунків використовуємо показник ризику r_{ij} при настанні стратегії S_i і стані кон'юнктури ринку q_j , обумовлений як різниця між максимально можливим вигравшем при даному стані q_j і вигравшем при обраній стратегії:

$$r_{ij} = \beta_j - a_{ij}, \quad (5)$$

де значення ризику завжди позитивне ($r_{ij} \geq 0$). На цій підставі будемо матрицю ризиків. Цей

показник є основою мінімаксного критерію Севіджа, відповідно до якого вибирається така стратегія S_i , за якої величина ризику приймає мінімальне значення в найбільш несприятливій ситуації:

$$\varphi = \min_i (\max_j r_{ij}) \quad (6)$$

Сутність цього критерію полягає в прагненні уникнути більшого ризику при виборі рішення.

4. При виборі рішення двох крайнощів в аналізі, пов'язаних з песимістичною оцінкою за критерієм Вальда і надмірним оптимізмом максімаксного критерію, краще дотримуватися певної проміжної позиції, межа якої регулюється показником песимізму-оптимізму X , званого ступенем оптимізму в критерії Гурвіца. Його значення знаходиться в інтервалі (0; 1). Відповідно до цих компромісним критерієм для кожного рішення визначається лінійна комбінація мінімального і максимального виграшів:

$$Y_i = x \min a_{ij} + (1 - x) \max a_{ij} \quad (7)$$

На наступному кроці вибирається та стратегія, для якої ця величина виявиться найбільшою за допомогою формули:

$$\varphi = \max Y_i = \max(x \min a_{ij} + (1 - x) \max a_{ij}). \quad (8)$$

Якщо результати розрахунку за використовуваними критеріями збігаються, то всі припущення були прийняті вірно, і можна вибрати оптимальну функцію, а потім робити висновок про вибір підприємством оптимальної стратегії закупівель S_{opt} .

Проілюструємо вказаний алгоритм розв'язання задачі на реальних даних, наведених в табл. 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
$\beta_i = \max a_{ij}$	448,2	1864,7	2005,5	1940,2			

За критерієм Вальда знайдемо максимум стратегію за формулою (1):

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

Тобто, якщо ми вибираємо стратегію S_1 , то найгірший з усіх можливих результатів полягає в тому, що розмір одержуваного чистого доходу складе **448,2 (тис. грн.)**. Аналогічно знаходимо для інших стратегій найгірші результати (див. табл. 2). Відповідно до формули (2) найкращим рішенням S_{opt} буде:

$$\varphi = \max(448,2; 0,54; 10,35) = 448,2 \text{ (тис. грн.)} \rightarrow S_1$$

2. Знайдемо мінімаксну стратегію:

Для першого рядка таблиці це рішення за формулою (3) складе:

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

Для наступних рядків вибираємо значення аналогічно. Найгірший варіант буде визначатися виразом (4):

$$\varphi = \max(1864,7; 2005; 1940,2) = 1864,7 \text{ (тис. грн.)} \rightarrow S_1$$

Для подальших розрахунків використовуємо показник ризику за формулою (5). На цій підставі будемо матрицю ризиків (см. табл. 3).

Таблиця 3

Рівень ризику підприємства за різних співвідношень 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_i , при якій величина ризику приймає мінімальне значення в найбільш несприятливій ситуації (див. формулу (6)):

$$\varphi = \min_i (\max_j r_{ij}) = 140,8 \rightarrow S_1.$$

Скористаємося критерієм Гурвіца (див. формули 7, 8). Припустимо, що в основі обчислень лежала песимістична оцінка, і припустимо, що $x = 0,8$.

Тоді для кожної стратегії відповідно маємо:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 0,8 \cdot 448,2 + (1 - 0,8) \cdot 1864,7 = 731,5 \text{ (тис. грн)} \\ Y_2 &= 0,8 \cdot (-0,54) + (1 - 0,8) \cdot 2005,5 = 400,67 \text{ (тис. грн)} \\ Y_3 &= 0,8 \cdot (-10,35) + (1 - 0,8) \cdot 1940,2 = -388,04 \text{ (тис. грн)} \\ \varphi &= \max Y_i = \max(731,5; 400,67; 379,8) = 731,5 \text{ (тис. грн.)} \rightarrow S_1 \end{aligned}$$

Отже, оптимальною є стратегія S_1 , за якої обсяг закупівель товарів складе 8901,6 тис. грн. Результати розрахунку за критерієм Вальда, Севіджа і Гурвіца збігаються. Значить, всі 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 $S_1 = 8901,6$ (тис. грн).

Висновки. Таким чином, побудована ігрова модель дозволяє сформувати певний клас очікуваних сценаріїв дій підприємства і зробити вибір з безлічі таких сценаріїв, в яких показник ефективності 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.

Розроблена багатокритеріальна ігрова економіко-математична модель може бути використана для автоматизації, прискорення, покращення і удосконалення логістичної діяльності підприємств, а також мінімізації ризиків при прийнятті управлінських рішень в умовах невизначеності та ризику. Оптимальне керування процесами прийняття рішень призводить до поліпшення функціонування підприємства, підвищення ефективності окремих процесів і підприємства в цілому.

Література

1. Вітлінський В.В. Математичне програмування : навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / В.В. Вітлінський, С.І. Наконечний, Т.О. Терещенко. – К. : КНЕУ, 2001. – 248 с.
2. Івченко І.Ю. Моделювання економічних ризиків та ризикових ситуацій / Івченко І.Ю. – К. : ЦУЛ, 2007. – 342 с.
3. Математичне та комп'ютерне моделювання економічних процесів : [монографія] / З.М. Соколовська, В.М. Андрієнко, І.Ю. Івченко, О.А. Клепікова, Н.В. Яценко ; під заг. ред. З.М. Соколовської. – Одеса : "Астропринт", 2016. – 308 с.
4. Фон Нейман Дж. Теория игр и экономическое поведение / Фон Нейман Дж., Моргенштерн О. – М. : Наука, 1970. – 707 с.
5. Чугунов А.А. Дослідження методів і моделей транспортної логістики в роздрібних торговельних підприємствах / А.А. Чугунов, А.В. Глига // Економічна кібернетика: теорія, практика та напрямки розвитку : науково-практична конф. «Економіка: реалії часу», 28–29 листопада 2017 року.
6. Економіко-математичне моделювання і інформаційні технології в управлінні економічними системами різних рівнів ієрархії : монографія / О. О. Бакаєв, Л. І. Бажан, Л. І. Кайдан та ін. – К. : Логос, 2007. – 127 с.

References

1. Vitlinckiy V.V. Matematychnе ppoqramuvannya : navch.-metod. posibnyk dlia samost. vyvch. dycty. / V.V. Vitlinckiy, S.I. Nakonechniy, T.O. Tereshchenko. – K. : KNEU, 2001. – 248 c.
2. Ivchenko I.Iu. Modeliuvannya ekonomichnykh pyzykyv ta pyzykovykh cytuatsii / Ivchenko I.Iu. – K. : TsUL, 2007. – 342 c.
3. Matematychnе ta kompiutерne modeliuvannya ekonomichnykh ppocteciv : [monohpafiia] / Z.M. Sokolovcka, V.M. Andriienko, I.Iu. Ivchenko, O.A. Klepikova, N.V. Yatsenko ; pid zah. ped. Z.M. Sokolovckoi. – Odesa : "Astropopynt", 2016. – 308 c.
4. Fon Neiman Dzh. Teopyia yhr y ekonomycheckoe povedenye / Fon Neiman Dzh., Mophenshtepn O. – M. : Nauka, 1970. – 707 c.
5. Chuhunov A.A. Doclidzhennia metodiv i modelei trancportnoi lohictyky v pozdpibnykh tophovelnykh pidppiyemctvakh / A.A. Chuhunov, A.V. Hlyha // Ekonomichna kibepnetyka: teopiia, ppraktyka ta nappiamky pozvytku : naukovo-ppaktychna konf. «Ekonomika: pealii chacu», 28–29 lystopada 2017 roku.
6. Ekonomiko-matematychnе modeliuvannya i infopmatsiini tekhnolohii v uppavlinni ekonomichnymy systemamy piznykh pivniv iieparkhii : monohpafiia / O. O. Bakaiev, L. I. Bazhan, L. I. Kaidan ta in. – K. : Lohoc, 2007. – 127 c.

Рецензія/Peer review : 12.01.2019

Надрукована/Printed : 05.02.2019
Рецензент: д. т. н., проф. Соколовська З. М.