

The adaptive information system is based on the information model of the enterprise, the structure of which proposes to distinguish the following structural components: strategic management center, units responsible for the production of products and services that are consumed in the foreign market, units responsible for providing services within the enterprise and units responsible for work in the market.

Based on the proposed model it is expedient to highlight different ways to maintain the adaptability of the information system: the use of flexible development methods at the corporate level, the orientation on the technological platform, the use of the service model.

**Key words:** enterprise information system, adaptability, enterprise architecture, costs, model of information system.

УДК 519.865:33(050)

**Олешко Т.І.**

доктор технічних наук,  
професор кафедри економічної кібернетики  
Національного авіаційного університету

**Лобанов М.О.**

магістр  
Національного авіаційного університету

## ЕКОНОМІЧНІ ЗАДАЧІ В ТЕОРІЇ ІГОР

У даній статті розглядається застосування теорії ігор при розв'язуванні економічних задач. Розкрито суть та основні поняття теорії ігор, наведені економічні приклади. Суть її полягає в тому, що вона використовується для досягнення узгодження інтересів протилежних сторін (гравців), адже за допомогою теорії ігор економіст може змоделювати ситуації, в котрих виникає стратегічна взаємодія. В статті проведено аналіз основних досліджень та публікацій.

**Ключові слова:** теорія ігор, стратегія гравця, платіжна матриця, ціна гри.

В данной статье рассматривается применение теории игр при решении экономических задач. Раскрыта суть и основные понятия теории игр, приведены экономические примеры. Суть ее заключается в том, что она используется для достижения согласования интересов противоположных сторон (игроков), ведь с помощью теории игр экономист может смоделировать ситуации, в которых возникает стратегическое взаимодействие. В статье проведен анализ основных исследований и публикаций.

**Ключевые слова:** теория игр, стратегия игрока, платежная матрица, цена игры.

**Постановка проблеми.** Теорія ігор є розділом математичної економіки. Вона розробляє рекомендації щодо раціональної дії учасників процесу при розбіжності їх інтересів. Теорія ігор допомагає підприємствам прийняти оптимальне рішення в умовах конфліктної ситуації.

Теорія ігор і економіка нерозривно пов'язані одна з одною, так як методи вирішення завдань теорії ігор допомагають визначити найкращу стратегію різних економічних ситуацій.

На сьогоднішній день актуальною є проблема вирішення завдань в конфліктних ситуаціях, а саме цим і займається теорія ігор.

**Аналіз останніх досліджень.** У зарубіжній та вітчизняній науці і практиці накопичений вели-

кий досвід наукових досліджень з питань теорії ігор та її застосування в економіці (Роберт Ауманн, Райнхард Зелтен, Джон Нэш, Джон Харшані, Томас Шеллинг). У 1994 році Дж. Харшані і Р. Зелтен отримали Нобелівську премію з економіки за роботи в області теорії ігор.

**Метою статті** є дослідження теорії ігор при розв'язуванні економічних задач.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В теорії ігор досліджуються моделі і методи прийняття рішень в конфліктних ситуаціях. В межах теорії ігор досліджуються парні ігри з двома особами або ігри багатьох осіб. Учасників гри прийнято називати гравцями. Гра складається з послідовності дій (ходів), які діляться

на особисті (здійснених гравцями усвідомлено на основі деяких правил – стратегій) і випадкові (не залежать від гравців). Стратегія гравця – це набір правил, використовуваних при виборі чергового особистого ходу. Метою гри є знаходження оптимальної стратегії для кожного гравця, тобто такої, при якій досягається максимальний очікуваний виграш при багаторазовому повторі гри.

Важливим завданням теорії ігор є розробка рекомендацій щодо раціональних дій учасників в умовах конфліктної ситуації. Гра є моделлю конфліктної ситуації. Допустимі дії кожного із гравців, спрямовані на досягнення певної мети, називаються правилами гри. Гравцями в економіці є партнери, які беруть участь в конфлікті. Задачею кожного гравця є знаходження оптимальної стратегії, яка за умови багатократного повторення гри забезпечує даному гравцю максимально можливий середній виграш. Результатом конфлікту є виграш чи програш одного з гравців.

Від реального конфлікту гра відрізняється тим, що ведеться за певними правилами, для її опису потрібно знати:

- кількість суб'єктів – гравців, що беруть участь в конфлікті;
- варіанти дій для кожного з гравців, які називаються стратегіями;
- функції виграшу або програшу (платежу) результату конфлікту;

Для детального дослідження ігрових моделей в економіці наведемо основні поняття теорії ігор.

Теорія ігор – наука, що досліджує математичними методами поведінку учасників ситуацій (гравців), пов'язаних з прийняттям рішень. Вона являє собою спосіб аналізу взаємообумовленої поведінки, коли рішення одного учасника впливають на рішення іншого, і навпаки. Вона не вимагає повної раціональності в поведінці і не передбачає наявності єдиної рівноваги.

Гра – це взаємовідносини економічних суб'єктів в ситуаціях із заздалегідь встановленими правилами, коли необхідно приймати відповідальні рішення. Гра, в якій беруть участь два гравці називається парною. Якщо ж кількість гравців більше двох, то це гра множинна.

Гра з нульовою сумою – це така гра, коли виграш одного гравця дорівнює програшу іншого. Саме з такими іграми, як правило доводиться мати справу при дослідженні операцій економічного характеру.

Стратегія гравця – це однозначний опис вибору гравця в кожній з можливих ситуацій, при яких він повинен зробити особистий хід, тобто це система правил, що однозначно визначають поведінку гравця на кожному

ході залежно від ситуації, що склалася в процесі гри.

Оптимальною називається та стратегія, котра при багатократному повторенні гри забезпечує гравцю максимально можливий середній виграш. Будь-яке відхилення від оптимальної стратегії зменшує виграш. Оптимальні стратегії характеризуються стійкістю, тобто жодному з гравців не вигідно відхилитися від своєї оптимальної стратегії.

Вирішити гру – означає знайти оптимальні стратегії для обох сторін та визначити ціну гри: очікуваний виграш сторони А чи програш сторони В.

Платіжна матриця гри – це матриця, яка показує платіж одного гравця іншому за умови, що перший гравець вибирає стратегію  $A_i$ , другий –  $B_j$ .

Платіжна матриця гри має вигляд:

	$B_1$	$B_2$	...	$B_n$	
	$A_1$	...	...	...	...
$A_2$	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	
$A_m$	...	...	...	...	

Рішення гри може бути знайдено в чистих стратегіях, коли гравець має дотримуватись однієї стратегії, або в змішаних стратегіях, коли гравець з певною частотою має застосовувати дві або більше чистих стратегій.

Для кожного гравця є певний набір стратегій, які гравець може застосувати. При виборі стратегії важливо враховувати не тільки отримання максимального виграшу для себе, але так само можливі кроки супротивника, і їх вплив на ситуацію в цілому.

При вирішенні економічних завдань зазвичай стикаються з однокроковими і багатокроковими іграми. Кількість стратегій може бути скінченною або ж нескінченною.

Принцип вибору кожної із сторін найбільш обережної стратегії називається принципом мінімаксу. Він впливає з припущення про обережність гравців, тобто з бажання вирішити конфліктну ситуацію найкращим чином для всіх учасників конфлікту.

Нижня ціна гри  $\alpha$  – це максимальний виграш, котрий можна гарантувати в грі проти розумного конкурента, обираючи одну із своїх стратегій. Ця стратегія називається максимінною і обчислюється за формулою:

$$\alpha = \max_i \min_j \{a_{ij}\} \quad (1)$$

Верхня ціна гри  $\beta$  – це мінімальний програш, на котрий може розраховувати конкурент, обираючи для себе одну із своїх стратегій. Ця стратегія називається мінімаксною і обчислюється за формулою:

$$\beta = \min_j \max_i \{a_{ij}\} \quad (2)$$

Якщо  $\alpha = \beta = v$ , тобто  $\max_i \min_j a_{ij} = \min_j \max_i a_{ij} = v$ , то число  $v$  називається ціною гри.

Гра, для якої  $\alpha = \beta$ , тобто мінімаксне значення рівне максимінному, називається грою із сідловою точкою.

Зазвичай виділяють нормальну і розгорнуту форми представлення гри.

В теорії ігор гра в нормальній або стратегічній формі складається з трьох елементів: множини гравців, множини чистих стратегій кожного гравця, множини платіжних функцій кожного гравця. Передбачається, що гравці мають можливість всього один раз обрати альтернативу (дію) із множини можливих дій. Також передбачається, що вибір альтернатив гравці роблять одночасно і незалежно один від одного, не знаючи вибору противника. Після вибору всіх альтернатив реалізується певний результат. Кожному результату відповідають значення корисності гравців, їх виграші. Всім гравцям відомі як залежність виграшів від результату гри, так і виграші противників. Тобто в такому виді визначення гри в нормальній формі підходить для ігор з повною інформацією. Гру в нормальній формі можна представити у вигляді платіжної матриці.

Розгорнутою формою гри називається її представлення у вигляді дерева. Дерево складається із вершин і з'єднуючих ребр. Вершини поділяються на термінальні (кінцеві) і нетермінальні. Кожна нетермінальна вершина характеризується безліччю допустимих ходів і доступною для гравця інформацією. Термінальні вершини повідомляють про розмір виграшу, отриманого по їх досягненню. При такому завданні гри більше уваги приділяється порядку кроків (ходів) і тієї інформації, котра при цьому відкривається гравцю.

В розгорнутій формі можна представити ігри неповною інформацією. Розглянемо економічні задачі, які розв'язуються за допомогою теорії ігор, а саме задачу страхування автомобілів. У світі страхування автомобілів є обов'язковим, і кожен автолюбитель стикається з даною проблемою. Багато автолюбителів хотіли б, по-перше, максимально знизити свої витрати на страхові внески, а, по-друге, при настанні страхового випадку отримати максимальну виплату. Страховик при цьому, навпаки, хотів би отримувати максимальні премії і виплачувати мінімальні суми при настанні страхового випадку. Інтереси автолюбителя (страхувальника) і страховика антагоністичні, і відносини, в які вони вступають один з одним, можна розглядати в якості парної антагоністичної гри.

У розглянутій конфліктній ситуації присутні дві сторони:

$A$  – це автомобіліст (страхувальник), метою якого являється зменшення витрат на страхування, а в разі дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) – отримання максимального виплати. При укладанні договору він страхує автомобіль на повну його вартість;

$B$  – страхова компанія (страховик), метою якої є отримання максимального прибутку (тобто максимальних страхових внесків і мінімальних виплат при настанні страхових випадків).

У автомобіліста існують три стратегії:

$A_1$  – керувати автомобілем гранично акуратно і при укладенні договору вказувати справжню вартість автомобіля (850 тис. грн.). Будемо припускати, що якщо водій уважний за кермом і стежить за дорогою, то ймовірність настання страхового випадку практично дорівнює нулю (виключимо можливість викрадення);

$A_2$  – керувати автомобілем гранично акуратно і при укладанні договору вказувати занижену вартість автомобіля (страхову суму) (550 тис. грн.) з метою зменшення страхових внесків;

$A_3$  – не стежити за дорогою і вказати завищену вартість автомобіля (900 тис. грн.). Оскільки в даному випадку ймовірність настання страхового випадку велика, а власник автомобіля вказав завищену вартість, то при ДТП автомобіліст отримає компенсацію більше, ніж якби він вказав справжню вартість автомобіля.

При цьому слід пам'ятати, що якщо страхова компанія встановить, що аварія сталася з вини водія або що він вказав завищену або занижену вартість автомобіля, то страхової виплати може не бути і автомобіліст може бути оштрафований (нехай в даному випадку це є однією з умов договору).

У страхової компанії існують чотири стратегії:

$B_1$  – не проводити оцінку вартості автомобіля і повірити автомобілісту на слово, а також не займатися розслідуванням у разі ДТП на предмет встановлення винної.с метою економії часу;

$B_2$  – проводити розслідування в разі настання страхового випадку, але не робити оцінку вартості автомобіля;

$B_3$  – перевіряти вартість автомобіля, але не проводити розслідування при ДТП;

$B_4$  – проводити розслідування у випадку ДТП і перевіряти, чи відповідає зазначена вартість автомобіля реальності.

Нехай у разі виявлення невірно зазначеної вартості автомобіля страховик стягує штраф із страхувальника у розмірі 15% від реальної

вартості об'єкта страхування. Якщо встановлено, що ДТП настало з вини страхувальника, то він не отримує страхову виплату. Страховий внесок за страховий період складає 10% від зазначеної страхової суми. Будемо припускати, що при настанні страхового випадку автомобіль руйнується повністю. За розглянутий страховий період проводиться тільки один внесок, і страховий випадок може наступити не більше одного разу. Скласти платіжну матрицю гри і ціну гри.

Розв'язання:

Нехай автомобіліст застосує стратегію  $A_1$ . Оскільки водій їздить обережно і вказує справжню вартість авто, то страховий випадок не настає і водій несе втрати у вигляді страхового внеску при будь-якій стратегії страхової фірми.

$$F(A_1B_1) = F(A_1B_2) = F(A_1B_3) = F(A_1B_4) = -850 * 0,1 = -85 \text{ тис. грн.}$$

Нехай автомобіліст застосує стратегію  $A_2$ . Оскільки водій їздить обережно, то страховий випадок не настає і водій несе втрати у вигляді страхового внеску при стратегіях страхової фірми  $B_3$  та  $B_4$ :

$$F(A_2B_3) = F(A_2B_4) = -550 * 0,1 = -55 \text{ тис. грн}$$

Якщо ж страхова компанія застосує стратегії  $B_3$  або  $B_4$ , тобто проведе перевірку вартості авто, то водій отримає штраф, оскільки вказав занижену вартість авто:

$$F(A_2B_3) = F(A_2B_4) = -550 * 0,1 - 850 * 0,15 = -182,5 \text{ тис. грн}$$

Нехай автомобіліст застосує стратегію  $A_3$ . Тобто водій їздить необережно (настає ДТП з його вини) та вказує завищену вартість авто. Якщо страхова компанія застосує стратегію  $B_1$ , то водій отримає компенсацію:

$$F(A_3B_1) = 900 - 900 * 0,1 = 810 \text{ тис. грн}$$

Якщо страхова компанія застосує стратегію  $B_2$ , тобто перевірить аварію, то водій не отримує страхової компенсації:

$$F(A_3B_2) = -900 * 0,1 = -90 \text{ тис. грн}$$

Якщо страхова компанія застосує стратегію  $B_3$ , тобто перевірить вартість авто, то водій отримає штраф за завищену вартість авто та страхову компенсацію в розмірі реальної вартості авто:

$$F(A_3B_3) = 850 - 900 * 0,1 - 850 * 0,15 = 632,5 \text{ тис. грн}$$

Якщо страхова компанія застосує стратегію  $B_4$ , тобто перевірить аварію та вартість авто, то водій не отримує страхової компенсації та отримує штраф за завищену вартість авто:

$$F(A_3B_4) = -900 * 0,1 - 850 * 0,15 = -217,5 \text{ тис. грн}$$

Зведемо отримані значення виграшів в платіжну матрицю:

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
$A_1$	-85	-85	-85	-85
$A_2$	-55	-55	-182,5	-182,5
$A_3$	810	-90	632,5	-217,5

Для визначення оптимальної стратегії та ціни гри знайдемо нижню та верхню межу гри. Оскільки матриця представляє величину програвів то формули матимуть наступний вигляд:

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij} = \max_i \min_j (-85; -182,5; -217,5) = -85 \text{ тис. грн}$$

$$\beta = \min_j \max_i a_{ij} = \min_j (810; -55; 632,5; -85) = -85 \text{ тис. грн}$$

$$\alpha = \beta$$

Отже, сідлова точка існує. Для водія оптимальною є стратегія  $A_1$ , а саме гранично акуратно керувати автомобілем та вказати справжню вартість авто. Для страхової компанії оптимальною є стратегія  $B_4$ , а саме проводити перевірку справжньої вартості авто та винуватця ДТП. При використанні обома гравцями своїх оптимальних стратегій ціна гри складе - 85 тис. грн.

Тепер розглянемо приклад задачі, яку можна розв'язати за допомогою моделі матричної гри:

Економічна інтерпретація задачі наступна:

У місті К є дві конкуруючі компанії («Рошен» і «Конті»), які займаються виробництвом шоколаду. Обидві компанії можуть виробляти молочний шоколад і гіркий шоколад. Стратегію компанії «Рошен» позначимо  $A_i$ , компанії «Конті» –  $B_i$ . Розрахуємо ефективність для всіх можливих варіантів поєднань стратегій компаній «Рошен» і «Конті» і побудуємо платіжну матрицю.

	$B_1$	$B_2$
$A_1$	5	4
$A_2$	3	6

У даній платіжній матриці немає сідлової точки, тому вона вирішується в змішаних стратегіях.

$$U1 = (A_{22} - A_{21}) / (A_{11} + A_{22} - A_{21} - A_{12}) = (6-3) / (5 + 6-3-4) = 0,75.$$

$$U2 = (A_{11} - A_{12}) / (A_{11} + A_{22} - A_{21} - A_{12}) = (5-4) / (5 + 6-3-4) = 0,25.$$

$$Z1 = (A_{22} - A_{12}) / (A_{11} + A_{22} - A_{21} - A_{12}) = (6-4) / (5 + 6-3-4) = 0,4.$$

$$Z2 = (A_{11} - A_{21}) / (A_{11} + A_{22} - A_{21} - A_{12}) = (5-3) / (5 + 6-3-4) = 0,6.$$

$$\text{Ціна гри} = (A_{11} * A_{22} - A_{12} * A_{21}) / (A_{11} + A_{22} - A_{21} - A_{12}) = (5 * 6 - 4 * 3) / (5 + 6 - 3 - 4) = 4,5.$$

Таким чином, можна сказати, що компанії «Рошен» слід розподілити виробництво шоколаду в такий спосіб: 75% від загального обсягу виробництва віддати виробництва молочного

шоколаду, а 25% – виробництва гіркого шоколаду. Компанія «Конті» на 40% повинна виробляти молочний шоколад і на 60% – гіркий.

**Висновки з проведеного дослідження.** При рішенні економічних задач часто доводиться аналізувати ситуації, в яких стикаються інтереси двох чи більше конкуруючих сторін, що

переслідують різні цілі. Це особливо характерно в умовах ринкової економіки. Отже, теорія ігор може бути надійним інструментом забезпечення управлінської діяльності і прийняття рішень в умовах невизначеності, і її можна застосовувати при розв'язуванні економічних задач.

#### Список використаних джерел:

1. Писарук Н. Н. Введение в теорию игр. Миснк: БГУ, 2012. 223 с.
2. Економічний ризик: ігрові моделі. Навчальний посібник. В. В. Вітлінський, П. І. Верченко, А. В. Сігал, Я. С. Наконечний. Київ, 2002. 446 с.
3. Надеждин Е. Н. Математические методы и модели в экономике / Е. Н. Надеждин, Е. Е. Смирнова, В. С. Варзаков. Тула, 2011. 249 с.
4. Теория игр в экономике (практикум с решениями задач) : учебное пособие. Л. Г. Лабскер, Н. А. Яценко ; под ред. Л. Г. Лабскера. КНОРУС, 2014. 264 с.

Oleshko T.I., Lobanov M.O.

## ECONOMIC PROBLEM IN GAME THEORY

In this paper, the application of game theory to solving economic problems is considered. The essence and basic concepts of game theory are revealed, economic examples are given. The essence of it is that it is used to achieve the coordination of the interests of the opposing sides (players), because with the help of game theory, an economist can simulate situations in which there is strategic interaction. The article analyzes the main researches and publications.

**Key words:** game theory, player strategy, payment matrix, game price.

УДК 004.358:656.025(045)

**Олешко Т.І.**

доктор технічних наук,  
професор кафедри економічної кібернетики  
Національного авіаційного університету

**Хоменко Р.І.**

магістр  
Національного авіаційного університету

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ

Стаття присвячена дослідженню прогнозування вантажообігу на основі використання методу нейронних мереж. Висвітлено основні переваги та недоліки використання цієї методики. Наведено характеристику якості нейронних мереж різних типів, що були побудовані. Проаналізовано методику побудови нейронних мереж для рішення різного виду економічних задач та прийняття рішень.

**Ключові слова:** нейронна мережа, перевезення, прогнозування, STATISTICA Automated Neural Networks.

Статья посвящена исследованию прогнозирования грузооборота на основе использования метода нейронных сетей. Освещены основные преимущества и недостатки использования этой методики. Приведена характеристика качества нейронных сетей различных типов, которые были построены. Проанализированы методики построения нейронных сетей для решения различного вида экономических задач и принятия решений.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, перевозки, прогнозирования, STATISTICA Automated Neural Networks.