

Зінченко К. Р.,

Пасенченко Ю. А.

канд. фіз.-мат. наук, доцент

ORCID ID: 0000-0003-4919-5841

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені гора Сікорського»

МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ ІГОР

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТЕГИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ИГР

MODELING CONSTRUCTION COMPANY STRATEGY USING GAME THEORY

Авторами розглянута теорія економетричного моделювання поведінки будівельної організації в конкурентному середовищі, яка дає змогу здійснити розробку, достовірну оцінку та ефективний вибір стратегічних альтернатив діяльності будівельної організації на ринку будівельних робіт та послуг. Створену на науковій основі методологію вибору стратегій будівельних організацій в конкурентному середовищі можливо втілити в єдиний комплекс проблемно-орієнтованих, прикладних програм. Модель гри, яка моделює інвестиційну ситуацію, дає можливість визначити достовірні сценарії розвитку, і скласти план, який він буде втілюватися. При цьому процес вибору оптимальних стратегій сполучено з процедурами мінімізації будівельно-інвестиційних ризиків. Корисність учасника моделювалася в умовах конфліктної ситуації як одержана за рахунок конкурента.

Ключові слова: економетричне моделювання, будівельна організація, наукові основи методології вибору стратегій.

Авторами рассмотрена теория эконометрического моделирования поведения строительной организации в конкурентной среде, которая позволяет осуществить разработку, достоверную оценку и эффективный выбор стратегических альтернатив деятельности строительной организации на рынке строительных работ и услуг. Созданную на научной основе методологию выбора стратегий строительных организаций в конкурентной среде предполагается воплотить в единый комплекс проблемно-ориентированных, прикладных программ. Модель игры, которая моделирует инвестиционную ситуацию, дает возможность определить достоверные сценарии развития, и составить план, который будет воплощаться. При этом процесс выбора оптимальных стратегий сопряжен с процедурами минимизации строительно-инвестиционных рисков. Полезность участника моделировалась в условиях конфликтной ситуации как полученная за счет конкурента.

Ключевые слова: эконометрическое моделирование, строительная организация, научные основы методологии выбора стратегий.

The authors examined the theory of econometric modeling the behavior of a construction company in a competitive environment that would enable to carry out design, accurate assessment and effective choice of strategic alternatives activities of a construction company in

the market of construction and services. Created on the basis of the scientific methodology of selection strategies of construction companies in a competitive environment is supposed to implement a single set of problem-oriented applications. Model game that simulates investment situation makes it possible to identify significant development scenarios, and plan, which it will be implemented. The process of selecting the optimal strategy combines procedures to minimize construction and investment risks. The utility's simulated in terms of conflict as obtained by a competitor.

Keywords: econometric modeling, construction company, scientific methodology of selection strategies.

Вступ. В роботі аналізується поведінка будівельної організації в конкурентному середовищі на ринку будівельних робіт та послуг. Зауважимо, що в роботах [3, 4] розглянуто загальні засади застосування методу диверсифікації в теоретико-ігровій формі при визначенні стратегій розвитку виробництва. В даній статті об'єктом дослідження є будівельні організації, будівельні генпідрядні й субпідрядні організації, інвестиційні компанії, замовники та інші провідні учасники будівельно-інвестиційного процесу. Теоретичні основи методів теорії ігор викладені в багатьох роботах. Вкажемо джерела [1, 5]. Застосування методів теорії ігор обумовлено тим, що прийняття рішення в умовах ризику характеризується наявністю непевності в отриманні запланованого ефекту. Тобто, отримання величини ефекту залежить не тільки від прийнятого рішення фірмою, а й від навколишнього середовища. Задача диверсифікації тісно пов'язана з вибором оптимальних технологій виробництва продукції [2]. Проведений аналіз дає можливість забезпечити будівельним організаціям спроможність розробляти сценарії планів виробництва робіт. Предметом дослідження є наукові основи формування та вибору для цих учасників раціональних стратегій діяльності в конкурентному середовищі.

Постановка завдання. Мета статті полягає у розробці математичної моделі для визначення оптимальної стратегії учасників інвестиційного процесу і відтворення планів, за якими буде визначено ті альтернативи, які будівельна організація буде втілювати в будь-якій можливій ситуації в залежності від фактичної інформації.

Методологія. Застосовується економіко-математична модель, яка визначає оптимальну стратегію учасника інвестиційного процесу за критерієм максимуму функції його корисності [2]. Залежними змінними є вектори-стратегії гравців-учасників. Їх зв'язок з результуючою функцією здійснюється шляхом економетричного зважування наступних стратегічних обставин (умов здійснення стратегій гравців) таких, як можливість створення коаліцій гравців, наявність та повнота інформації у гравців про стратегічні альтернативи конкурентів (співучасників), правила гри тощо. Формувати стратегію двох будівельних організацій в конкурентному середовищі доцільно на основі теорії біматричних ігор [1, 5]. Корисність учасника моделюється в умовах конфліктної ситуації одержаної за рахунок конкурента. Оптимальними стратегіями діяльності певного учасника інвестиційного процесу є такі вектори-стратегії, які надають даному

учаснику максимального виграшу, і, водночас, мінімізують сукупний ризик з врахуванням прийнятого даним учасником рівня диверсифікації[2].

Результати дослідження. Будемо використовувати функцію корисності $Z(x_i, y_i)$, в якій x_i означає прийняте рішення будівельною фірмою, а y_i – прийняте рішення навколишнім середовищем (конкурентами), а ризики того, що фірма прийняла рішення x_i , та навколишнє середовище – y_i задаються ймовірностями $P(x_i, y_i)$. Тоді загальна корисність буде вираховуватись як математичне очікування випадкових корисностей:

$$Z(x, y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Z(x_i, y_j) P(x_i, y_j), \quad (1)$$

де n – кількість рішень x_i фірми, m – кількість рішень навколишнього середовища.

Корисність рішення x_i визначається за формулою:

$$Z_{max} = \max_i Z(x_i), \text{ де } Z(x_i) = \sum_{j=1}^m Z(x_i, y_j) P(x_i, y_j) \quad (2)$$

Отримуємо гру двох гравців з нульовою сумою. Виграш фірми є a_{ij} в залежності від прийнятої нею i -ї стратегії і прийнятої j -ї стратегії конкурентом. Першим гравцем є досліджувана будівельна організація, що має стратегії $i=1, 2, \dots, n$, які вона використовує з ймовірністю p_i , другим гравцем є конкуренти, що мають стратегії $j=1, 2, \dots, m$, які використовують їх з ймовірністю q_j . Середній виграш фірми дорівнює:

$$E(A, P, Q) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} p_i q_j \quad (3)$$

Оптимальними стратегіями цієї гри є такі значення ймовірностей $P = (P_1, P_2, \dots, P_n)$, $Q = (q_1, q_2, \dots, q_m)$, за яких досягається рівність:

$$\max_i \min_j \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} p_i q_j = \min_j \max_i \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} p_i q_j \quad (4)$$

Ці стратегії можна знаходити методами лінійного програмування за допомогою симплекс-методу.

Розглядається ситуація коли дві будівельні фірми взаємопов'язані у своїх відносинах при виконанні будівельних робіт в ринкових умовах. При цьому вони повинні знайти прибутки при своїх оптимальних стратегіях. Ця задача зводиться до біматричної гри, розв'язок якої дає оптимальні стратегії поведінки фірм. Такі стратегії визначають і виграші обох гравців і стратегії їх поведінки для кожного з них. Формалізація гри наступна. В ринкових умовах працюють 2 будівельні фірми. При виконанні робіт кожна фірма має набір своїх чистих стратегій, застосовуючи які вони отримують певний прибуток.

Цей прибуток наводиться у матрицях для кожної фірми. Потрібно знайти такі стратегії кожної фірми, за яких вони досягають своїх оптимальних прибутків. 1-ша фірма – це перший гравець, 2-га фірма – це другий гравець. Задані дві матриці виграшів 2-х гравців: для першого $\{a_{ij}\}$, для другого $\{b_{ij}\}$ ($i=1,2, \dots, n$; $j = 1,2, \dots, m$), де i – номер стратегії 1-го гравця, j – номер стратегії для 2-го гравця.

Можливі наступні ситуації:

- 1) Кожний гравець знає тільки свою матрицю (напівобізнаність).
- 2) 1-й гравець знає обидві матриці, а другий тільки свою (одностороння обізнаність другого гравця).
- 3) 2-й гравець знає обидві матриці, а 1-й тільки свою (одностороння обізнаність 1-го гравця).

В 1-й ситуації кожний гравець знає тільки свою матрицю. Тоді кожний гравець розглядає свою матрицю як матричну гру двох гравців з нульовою сумою і знаходить розв'язок цих ігор:

1-й гравець знаходить такі свої змішані стратегії $P=(P_1, P_2, \dots, P_n)$ і для другого гравця $q=(q_1, q_2, \dots, q_m)$ за яких досягається сідлова точка і знаходяться оптимальні стратегії і ціна гри:

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} p_i q_j \quad (5)$$

В цьому випадку 1-й гравець може розраховувати на виграш не менше ніж V за будь-яких стратегій 2-го гравця. Другий гравець розглядає гру, як матричну гру двох гравців з нульовою сумою зі своєю матрицею b_{ij} та знаходять оптимальні змішані стратегії 1-го гравця $R = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ та другого $s = (s_1, s_2, \dots, s_m)$, які дають сідлову точку:

$$\max \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} r_i s_j = \min \max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} r_i s_j \quad (6)$$

В цьому випадку 2-й гравець не дасть собі одержати виграш менший ніж ціна гри.

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} r_i s_j \quad (7)$$

В 2-й ситуації перший гравець знає обидві матриці, а другий тільки свою, Тоді другий гравець розглядає цю гру, як матричну гру двох гравців з нульовою сумою і досягається максимум виграшу.

В 3-й ситуації 2-й гравець знає обидві матриці, а 1-й тільки свою, тоді 2-й гравець розглядає гру для 1-го гравця як гру двох гравців з нульовою

сумою і отримує максимум виграшу для 1-го , знаходить свої стратегії $s = (s_1, s_2, \dots, s_m)$, за яких досягається ціна гри.

В даній роботі також були проведені розрахунки оптимального вибору об'єктів за запропонованою економіко-математичною моделлю для конкретної будівельної організації. Було досліджено альтернативу виробничої програми з 10 будівельних об'єктів. Повинні були виконуватись такі роботи: упоряджувальні; цегляна кладка і гранітні роботи; штукатурка фасаду; покрівельні; підсилення фундаментів і залізобетонні роботи; ремонтні; бляхарські та металеві; паркетні; кахельні; електромонтажні; сантехнічні. Для розрахунків використана інформація, що наведена в наступній таблиці 1. В цій таблиці наведені величини прибутків від кожного об'єкту окремо, витрати на проведення робіт, сума a_i вартості всієї i -ої роботи по всім об'єктам разом, вартість кожного j -го об'єкту (v_j) і загальна сума витрат на всі об'єкти в тис. гривен. В останньому стовпці наведено ліміт кожного ресурсу

Таблиця 1

Величини прибутків і витрат на проведення робіт по об'єктах

№	Прибуток від об'єкту	Об'єкти										Сума	Ліміт
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		60	140	150	50	350	18	350	100	400	160		
Найменування робіт													
1	Упоряджувальні	150	1030	510	230		20	480	85	700	350	3555	3040
2	Цегляна кладка та гранітні роботи	160		50		5	170	170	130	400	30	1115	900
3	штукатурка фасаду	230		130	15		45		60	160	170	810	640
4	покрівельні			95				400		550	110	1155	1080
5	Підсилення фундаментів і залізобетонні роботи					280			450	175	240	1145	1145
6	Ремонтні роботи			150	70	35				35		290	150
7	Бляхарські та металеві	40		130	25			370	15	230	80	890	760
8	Паркетні			200	90					600	90	980	780
9	Кахельні		200	90	10				15	400	130	845	765
10	Електромонтажні			80	5	10	5		10	50	15	175	90
11	Сантехнічні			40	10				15	200	15	280	240
	всього	580	1230	1475	455	330	240	1420	780	3500	1230	11240	9590

Оптимальний план вибору об'єктів (в тис. грн.)

№	Прибуток від об'єкту	Об'єкти								Обсяг робіт за планом
		1	2	4	5	7	8	9	10	
		60	140	50	350	350	100	400	160	
Найменування робіт										
1	Упоряджувальні	150	1030	230		480	85	700	350	3025
2	Цегляна кладка та гранітні роботи	160			5	170	130	400	30	895
3	штукатурка фасаду	230		15			60	160	170	635
4	покрівельні					400		550	110	1060
5	Підсилення фундаментів і залізобетонні роботи				280		450	175	240	1145
6	Ремонтні роботи			70	35			35		140
7	Бляхарські та металеві	40		25		370	15	230	80	760
8	Паркетні			90				600	90	780
9	Кахельні		200	10			15	400	130	755
10	Електромонтажні			5	10		10	50	15	90
11	Сантехнічні			10			15	200	15	240
	всього	580	1230	455	330	1420	780	3500	1230	9525

Всі необхідні роботи, які включаються в оптимальний план мають обсяг в межах виділених лімітів. Прямий прибуток від цих 6-ти об'єктів складає:

$$P = 60 + 140 + 50 + 350 + 350 + 100 + 400 + 160 = 1610 \text{ тис.грн}$$

Висновки. Математична модель визначає оптимальну стратегію учасника інвестиційного процесу як максимум функції його корисності. Залежними змінними зазначеної функції є вектори стратегій гравців учасників. Їх зв'язок з результуючою функцією здійснюється шляхом економетричного зважування наступних стратегічних обставин (умов здійснення стратегій гравців), таких як: можливість створення коаліцій гравців, наявність та повнота інформації у гравців про стратегічні альтернативи конкурентів (співучасників), правила гри та ін. Створена модель дає підстави визначити достовірні сценарії розвитку гри (яка моделює інвестиційну ситуацію), і скласти план, за яким буде визначено ті альтернативи, які він буде втілювати в будь-якій можливій ситуації в залежності від фактичної інформації. Такий план є стратегією гравця.

В даній роботі процес вибору оптимальних стратегій сполучено з процедурами мінімізації будівельно-інвестиційних ризиків. Корисність учасника моделювалася в умовах конфліктної ситуації як одержана за рахунок конкурента. Оптимальними стратегіями діяльності певного учасника

інвестиційного процесу є такі вектори-стратегії, які надають даному учаснику максимального виграшу, і, водночас, мінімізують сукупний ризик з врахуванням прийнятого даним учасником рівня диверсифікації.

Література:

1. Вітлінський В.В. Ризикологія в економіці та підприємстві: моногр. / В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко. – К.: КНЕУ, 2004. – 480с.
2. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. / П.М. Павленко – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2013. – 201 с.
3. Аронов А. М. Диверсификация производства: теория и стратегия развития. / А. М. Аронов, А. Н.Петров — СПб.: Лениздат, 2000.— 128 с.
4. Портер М.Е. Стратегія конкуренції. Методика аналізу галузей і діяльності конкурентів / Пер. з англ.. А.Олійника та Р. Скіпальського. / М.Е. Портер. –К.: Основи, 1997. – 390 с.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций. / Е.С.Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.