

УДК 621.313:519.81

Р.В. Иванников, аспирант*Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***ТЕОРЕТИКО-ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСШИРЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩЕЙ КОМПАНИИ**

Рассмотрена стратегическая игра условного поставщика электроэнергии с производственной средой. Представлены несколько возможных вариантов расширения деятельности энергоснабжающей компании. Рассмотрены задача выбора оптимальной стратегии производства энергопродукции с учетом минимизации риска и максимизации прибыли. На основании различных критериев найден оптимальный вариант энергопроизводства.

Планирование расширения деятельности энергоснабжающих компаний, под которым подразумевается увеличение объемов выпуска энергопродукции, охватывание новых территорий, построение новых электростанций и коммуникаций, привлечение новых потребителей, инвесторов и др. – сложный многостадийный процесс, вовлекающий в себя различных участников (энергогенерирующие компании, энергоснабжающие организации, посреднические компании, непосредственные потребители, государственные власти и др.). Оценка риска и принятие решения в данной задаче приобретает множество вариантов, основанных на различных предпочтениях, и может быть решена посредством использования математического программирования или теоретико-игрового подхода. Эти варианты могут оцениваться, как правило, несколькими конфликтующими критериями (экономическими, техническими, экологическими и др.). Выбор оптимальной стратегии сводится к выбору варианта с наибольшей полезностью, определенной на основании применения различных критериев оценки.

Цель статьи – определение оптимальной стратегии производства энергопродукции с учетом минимизации риска и максимизации прибыли для различных вариантов генерирования электроэнергии.

Рассмотрим следующий пример. Предположим, энергоснабжающая компания – игрок 1, для удовлетворения возросших нужд потребителей планирует внедрение в эксплуатацию новой электростанции. Рассматриваются три типа энергогенерирующих установок: *A* – электростанция с углесжигательной установкой; *B* – электростанция с газосжигательной установкой; *C* – электростанция с комбинированной газо- и углесжигательной установкой.

Эффективность каждого из типов решения данной проблемы зависит от игрока 2 – производственной среды (природы), сочетающей в себе следующие факторы: P_1 – инвестиционные вложения (млн. грн.); P_2 – цена на сырье (млн. грн./год); P_3 – бюджетные квоты (млн. грн./год); P_4 – тарифы (грн./кВт·ч); P_5 – отходы производства (тыс.т/год); P_6 – надежность (балл).

Технико-экономические данные игры заданы матрицей:

$$G = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 & 5 & 2 & 5 \\ 5 & 4 & 1 & 2 & 1 & 5 \\ 7 & 2 & 8 & 1 & 1 & 8 \end{pmatrix}.$$

В матрице строки означают возможные варианты решений, принимаемых игроком 1 (руководителем, экономистом и др.), а столбцы – возможные состояния производственной среды. Элемент матрицы a_{ij} означает исход ситуации, когда игрок принимает решение i (выбирает стратегию i) при состоянии среды j .

Найдем оптимальную стратегию энергокомпании, используя рассмотренные ниже критерии, при условиях: 1) вероятность и состояния природы неизвестны; 2) состояния природы равновероятны; 3) вероятности состояния природы разные.

Принятие управленческих решений предполагает наличие ситуаций выбора наиболее выгодного варианта поведения из нескольких имеющихся вариантов в условиях неопределенности. Такие задачи могут быть описаны матричными играми особого типа, в которых игрок взаимодействует не со вторым игроком, а с окружающей средой. Объективно окружающая среда не заинтересована в проигрыше игрока. В процессе принятия решения о выборе варианта поведения игрок имеет информацию о том, что окружающая среда может принять одно из нескольких возможных состояний и сталкивается с неопределенностью относительно того конкретного состояния, которое примет окружающая среда в данный момент времени [1].

В данном случае рассматривается игра с природой, т.е. матричная игра, в которой игрок взаимодействует с окружающей средой, не заинтересованной в его проигрыше, и решает задачу

определения наиболее выгодного варианта поведения с учётом неопределённости состояния окружающей среды. Человек в играх с природой старается действовать осмотрительно, второй игрок (природа, покупательский спрос) действует случайно. Отсутствует информация об условиях, в которых осуществляется действие (погода, покупательский спрос и т.д.). Эти условия зависят не от сознательных действий другого игрока, а от объективной действительности. Существует ряд критериев, которые используются при выборе оптимальной стратегии. Рассмотрим следующие из них.

1. Критерий Вальда. Он предполагает выбор самой осторожной, пессимистической стратегии. Считается, что природа будет действовать наихудшим для человека образом. Рекомендуется применять максиминную стратегию. Она достигается из условия $\max_i \min_j a_{ij}$ и совпадает с нижней ценой игры. Выбранная таким образом стратегия полностью исключает риск. Это означает, что принимающий решение не может столкнуться с худшим результатом, чем тот, на который он ориентируется [2].

Найдём нижнюю цену игры, так как за оптимальную стратегию принимается та, которая в наихудших условиях гарантирует наилучший результат:

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij} = \max(2; 1; 1) = 2. \quad (1)$$

Таким образом, оптимальной стратегией является A – применение электростанции с углесжигательной установкой.

2. Критерий Сэвиджа. Суть критерия состоит в выборе такой стратегии, чтобы не допустить чрезмерно высоких потерь, к которым она может привести. Находится матрица рисков, элементы которой показывают, какой убыток понесет игрок, если для каждого состояния природы он не выберет наилучшей стратегии. Элемент матрицы рисков находится по формуле

$$r_{ij} = \max_i a_{ij} - a_{ij}, \quad (2)$$

где r_{ij} означает выгоду, которая была упущена ввиду незнания, какое из состояний наступит в соответствующий момент; $\max_i a_{ij}$ – максимальный элемент в столбце исходной матрицы. Оптимальная стратегия находится из выражения $\min_j \{ \max_i (\max_i a_{ij} - a_{ij}) \}$ [2]. Критерий Сэвиджа представляется приемлемым при принятии решений на длительный период.

Рассмотрим элементы первого столбца матрицы G , имеем:

$$\max_i a_{i1} = a_{31} = 7, \text{ тогда } r_{11} = a_{31} - a_{11} = 7 - 2 = 5; r_{21} = a_{31} - a_{21} = 7 - 5 = 2; r_{31} = a_{31} - a_{31} = 7 - 7 = 0.$$

По аналогии рассмотрим элементы других столбцов:

$$\max_i a_{i2} = a_{22} = 4, \text{ тогда } r_{12} = a_{22} - a_{12} = 4 - 3 = 1; r_{22} = a_{22} - a_{22} = 0; r_{32} = a_{22} - a_{32} = 4 - 2 = 2.$$

$$\max_i a_{i3} = a_{33} = 8, \text{ тогда } r_{13} = a_{33} - a_{13} = 8 - 4 = 4; r_{23} = a_{33} - a_{23} = 8 - 1 = 7; r_{33} = a_{33} - a_{33} = 0.$$

$$\max_i a_{i4} = a_{14} = 5, \text{ тогда } r_{14} = a_{14} - a_{14} = 0; r_{24} = a_{14} - a_{24} = 5 - 2 = 3; r_{34} = a_{14} - a_{34} = 5 - 1 = 4.$$

$$\max_i a_{i5} = a_{15} = 2, \text{ тогда } r_{15} = a_{15} - a_{15} = 0; r_{25} = a_{15} - a_{25} = 2 - 1 = 1; r_{35} = a_{15} - a_{35} = 2 - 1 = 1.$$

$$\max_i a_{i6} = a_{36} = 8, \text{ тогда } r_{16} = a_{36} - a_{16} = 8 - 5 = 3; r_{26} = a_{36} - a_{26} = 8 - 5 = 3; r_{36} = a_{36} - a_{36} = 0.$$

Построим матрицу риска в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Матрица риска

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	$\max_i r_{ij}$
A	5	1	4	0	0	3	5
B	2	0	7	3	1	3	7
C	0	2	0	4	1	0	4

Согласно критерию Сэвиджа определяем минимальный риск:

$$r = \min_j \max_i a_{ij} = \min(5, 7, 4) = 4. \quad (3)$$

Следовательно, оптимальной стратегией будет C – применение электростанции с комбинированной газо- и углесжигательной установкой.

3. Критерий Гурвица. Данный критерий предлагает компромиссное правило выбора варианта и рекомендует стратегию, определяемую по формуле

$$\max_i (\lambda \cdot \min_j a_{ij} + (1 - \lambda) \max_j a_{ij}), \quad (4)$$

где коэффициент λ – степень оптимизма, изменяется в диапазоне $[0,1]$. Данный коэффициент определяется на основе статистических исследований результатов принятия решений или личного опыта принятия решений в схожих ситуациях. Критерий придерживается некоторой промежуточной позиции, учитывающей возможность как наихудшего, так и наилучшего поведения природы. При $\lambda = 1$ критерий превращается в критерий Вальда, при $\lambda = 0$ – в критерий максимума. На λ оказывает влияние степень ответственности лица, принимающего решение по выбору стратегии. Чем хуже последствия ошибочных решений, больше желания застраховаться, тем λ ближе к единице. Применение этого критерия осложняется ввиду отсутствия обоснованного представления о величине параметра λ [2].

Пусть $\lambda = 0,5$, тогда имеем:

$$\max_i(0,5 \cdot 2 + (1 - 0,5) \cdot 5), \max_i(0,5 \cdot 2 + (1 - 0,5) \cdot 5), \max_i(0,5 \cdot 1 + (1 - 0,5) \cdot 8), \max_i(3,5; 3,5; 4,5) = 4,5.$$

Значит, оптимальной стратегией будет C – применение электростанции с комбинированной установкой.

4. Критерий Лапласа. Этот критерий основывается на принципе недостаточного обоснования. Поскольку вероятности состояния природы неизвестны, можно предположить, что они равновероятны, т.е. $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = q_6 = \frac{1}{6}$. Выбор стратегии осуществляется по формуле

$$a_i^* = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot q_i. \quad (5)$$

Недостаток критерия заключается в том, что теряется структура игры [2].

Вычислим средний выигрыш a_i^* , имеем:

$$a_1^* = \frac{1}{6}(2 + 3 + 4 + 5 + 2 + 5) = \frac{21}{6}; \quad a_2^* = \frac{1}{6}(5 + 4 + 1 + 2 + 1 + 5) = \frac{18}{6};$$

$$a_3^* = \frac{1}{6}(7 + 2 + 8 + 1 + 1 + 8) = \frac{27}{6}; \quad a_3^* = \max_i \left(\frac{21}{6}; \frac{18}{6}; \frac{27}{6} \right) = \frac{27}{6}.$$

Так как максимальным значением является a_3^* , то оптимальной стратегией будет C – применение электростанции с комбинированной газо- и углесжигательной установкой.

5. Если в рассмотренных выше критериях, необходимая информация о вероятностях какого-либо состояния отсутствовала, то критерий Байеса действует в условиях неполной информации, т.е. в условиях риска. Пусть вероятности природы различны:

$$q_1 = 0,3; \quad q_2 = 0,04; \quad q_3 = 0,27; \quad q_4 = 0,1; \quad q_5 = 0,23; \quad q_6 = 0,3.$$

Вычислим a_i^* и построим платежную матрицу в виде таблицы 2.

$$a_i^* = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot q_i.$$

$$a_1^* = 2 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,04 + 4 \cdot 0,27 + 5 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,23 + 5 \cdot 0,3 = 3,96;$$

$$a_2^* = 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,04 + 1 \cdot 0,27 + 2 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,23 + 5 \cdot 0,3 = 3,86;$$

$$a_3^* = 7 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,04 + 8 \cdot 0,27 + 1 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,23 + 8 \cdot 0,3 = 6,93.$$

Таблица 2 – Платежная матрица

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	$\max_i r_{ij}$
A	2	3	4	5	2	5	3,96
B	5	4	1	2	1	5	3,86
C	7	2	8	1	1	8	6,93
q	0,3	0,04	0,27	0,1	0,23	0,3	

$$a_3^* = \max_i(3,96; 3,86; 6,93) = 6,93.$$

Так как максимальным значением является a_3^* , то оптимальной стратегией будет C – применение электростанции с комбинированной газо- и углесжигательной установкой.

Таким образом, результат решения по разным критериям чаще других рекомендует S , следовательно, на основании имеющихся данных, энергокомпания для расширения своей деятельности с минимальным риском и максимальной прибылью следует построить электростанцию с комбинированной газо- и углесжигательной установкой.

Задачей дальнейшего исследования в данном направлении является рассмотрение теоретико-игровой модели на примере планирования расширения деятельности энергоснабжающих компаний со своими интересами, способных объединяться в коалиции.

Библиографический список

1. Дюбин Г.Н. Введение в прикладную теорию игр / Г.Н. Дюбин, В.Г. Суздаль. — М.: Наука, 1981. — 336 с.
2. Нейман Дж. Фон. Теория игр и экономическое поведение / Дж. Фон Нейман, О. Моргенштерн. — М.: Наука, 1970. — 324 с.

Поступила в редакцию 26.10.2007 г.