

УДК 621.313:519.81

Р.В. Иванников, аспирант*Севастопольский национальный технический университет**Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***АНАЛИЗ ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСШИРЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖАЮЩИХ КОМПАНИЙ**

Представлен теоретико-игровой подход к анализу различных методов принятия решения в сфере планирования расширения деятельности энергоснабжающих компаний для различных ситуаций взаимодействия этих компаний. Рассмотрена бескоалиционная игра двух игроков: энергетической компании и городских властей. Определена ситуация равновесия, т.е. стратегия удовлетворяющая выигрышам обоих игроков.

Планирование расширения деятельности энергоснабжающих компаний, под которым подразумевается увеличение объемов выпуска энергопродукции, охватывание новых территорий, построение 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.). Проблема принятия 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.).

Рассмотрим стратегические планы расширения деятельности энергоснабжающих компаний. Можно выделить по крайней мере три ситуации их взаимодействия: упорядоченная монополия с отсутствием конкуренции; образование коалиции; конкуренция между участниками. Проанализируем каждую из них.

Для ситуации монополии на энергетическом рынке возможно исключить необходимость решения многокритериальных задач математического программирования в отношении неизвестных и различных предпочтений. Простой способ для рассмотрения неопределенных факторов – это представление сценария комбинаций их значений. Задачи игр класса “игра с природой” могут быть проанализированы на основе обычных платежных матриц. Специфика решения многокритериальных задач основана на теории ожидаемой полезности для различных состояний с рассмотрением предпочтений.

Внутренние состояния игры представляются кортежем из трех составляющих [1]

$$\{I, J, K = (K_1, \dots, K_M)\}, \quad (1)$$

где I – варианты расширения; J – сценарии внешних состояний; K – критерии оценки решений; M – число объектов заинтересованных в расширении.

Решения принимаются исходя из набора численных расчетов матриц

$$X^k = \{x_{ij}^k\}, \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J}, \quad k = \overline{1, K}, \quad (2)$$

где x_{ij}^k – численная оценка i -го варианта расширения критерием k , когда имеет место j -е внешнее состояние.

Для того чтобы решить проблему выбора на основе многокритериальной функции полезности необходимо определить приоритетные отношения. Тип приоритетных отношений зависит от характера сценариев внешних состояний и сравнительной значимости для лица, принимающего решение. Если отношения предпочтения основаны на теории вероятностей, то согласно положениям теории ожидаемой полезности, рекомендации для выбора варианта расширения даются на основе вычислений ожидаемой выгоды для каждого варианта в форме:

$$E_i^p = \sum_{j=1}^J p_j U_{ij}, \quad i = \overline{1, I}, \quad (3)$$

где P_j – варианты внешних состояний; p – индекс, указывающий на использование теории вероятностей в отношении предпочтения; U_{ij} – функция полезности.

Вариант с наиболее высокой численной оценкой отношения предпочтения наиболее выгоден.

Теория вероятностей не всегда применима для отношения предпочтения. Более эффективным может стать применение теории рисков, которая наиболее типична для случаев, где некоторые сценарии

внешних состояний имеют очень низкую вероятность, но их влияние на принятие решения должно учитываться. Такие ситуации имеют место, например, когда внешние состояния, связанные с крупномасштабными событиями в природе, технике и других отраслях должны быть приняты во внимание. Ожидаемая полезность варианта расширения может быть получена из выражения

$$E_i^r = \max_i \{ \min_j (U_{ij} p_j) \}, \quad i = \overline{1, I}, \quad (4)$$

где r – индекс, указывающий на применение теории рисков в отношении предпочтения [3].

Однако теория рисков в качестве основы для отношения предпочтения также имеет свои недостатки вследствие того факта, что применение формулы (4) снижает эффект сценариев внешних состояний на выбор решения.

И теория вероятностей, и теория рисков – ограниченные положения. Каждое отражение реальной ситуации в формировании лица принимающего решение использовано для отношения предпочтения только с одной стороны. Поэтому рассмотрения должны быть даны для комплексного критерия на основе (3) и (4).

Образование такого комплексного критерия включает проблему определения веса его компонентов. Эта проблема может быть устранена, если процедура принятия решения не формализована до конца и решение принимается на основе дополнительной информации характеризующей регионы доминирования для формирования предпочтений критериев (3) и (4). В этом случае мы можем взвесить решения, полученные обоими критериями, и определить, когда вариант с максимальной выгодой (3) перестанет быть наиболее предпочтительным, а другой вариант с максимальной выгодой (4) станет доминирующим.

Для этого решается равенство $(I - 1)$ формы

$$a_{i-m} E_{i \max}^p + (1 - a_{i-m}) E_i^r = a_{i-m} E_m^p + (1 - a_{i-m}) E_m^r, \quad (5)$$

$$i \neq m,$$

где a_{i-m} – требуемый параметр, позволяющий взвесить полученную выгоду $a_{i-m} \in [0; 1]$; $E_{i \max}^p$ – максимальная полезность i -го варианта, который вычисляется (3); E_i^r – ее соответствующая величина полезности, вычисленная отношением (4); E_m^p, E_m^r – соответствующие полезности m -го варианта.

Для ситуации образования коалиции между энергоснабжающими компаниями характерно снижение конкуренции между энергопроизводителями и свободного выбора для энергопотребителей. Проблемы расширения могут быть изучены в классе “игры с природой”. В этом случае неопределенность в поведении и энергопроизводителей, и энергопотребителей в крупномасштабном рынке существенно и взято во внимание соответствующей платежной матрицей игры. Для энергокомпании как простого продавца электроэнергии концептуальное значение неопределенных факторов определено конкуренцией и уровнем энергопотребления и зависит только от неопределенности. Однако здесь эта проблема может быть также проверена в классе “игры с природой”.

Координация между энергогенерирующими компаниями, особенно находящимися под госрегулированием, возможна. В этом случае имеем кооперативную игру.

Третий класс задач относится к разработке стратегического планирования расширения деятельности энергоснабжающих компаний в условиях жесткой конкуренции. Без госрегулирования эта задача снижается до многокритериальной некооперативной игры. С госрегулированием проблема принимает характер многокритериальной кооперативной игры, возможно многостадийного характера, т.е. снижается до позиционной игры.

Существует несколько методов для получения решения в кооперативной игре [2]. Оценка решения игры основанная на векторе Шепли – наиболее распространенный подход. Этот подход вычисляет равномерное распределение общей выгоды (денег, ресурсов и т.д.) среди игроков. Вектор Шепли может быть определен как средневзвешенный вклад участника в каждую коалицию, в которой игрок может принимать участие.

Вектор Шепли φ_i может быть вычислен для набора игроков $M = \{1, \dots, m\}$ и набора коалиций $T_i, i = \overline{1, M}$, где I – число игроков в коалиции T_i :

$$\varphi_i[v] = \sum_{\substack{T \subset M \\ i \in T}} \frac{(t-1)!(m-t)!}{m!} [v(T) - v(T/\{i\})]. \quad (6)$$

Здесь $v(T)$ – характеристическая функция коалиции T .

Определение этой функции – ключевая проблема сходных задач. Традиционно характеристическая функция рассматривается как ценовая функция.

Максимальный компонент вектора Шепли вычисляется с помощью формулы (5) для определенной коалиции, если величина полезности (3) определена для каждой возможной коалиции. Коалиция с максимальным компонентом вектора Шепли означает оптимальный вариант расширения.

При выборе стратегии необходимо также учитывать интересы всех участников игры, а именно:

- 1) производители электроэнергии заинтересованы в максимальном увеличении прибыли;
- 2) потребители электроэнергии заинтересованы в бесперебойной и качественной поставке электроэнергии при минимальных тарифах;
- 3) государственные власти заинтересованы в увеличении энергокомпаниями налоговых отчислений в бюджет, снижении загрязнения окружающей среды и обеспечении безопасности энергопроизводства;
- 4) инвесторы заинтересованы в скорейшей окупаемости финансируемых проектов.

Рассмотрим бескоалиционную игру двух игроков: энергетической компании и городских властей. У каждого игрока имеются две стратегии, из которых он выбирает одну, и после этого получает свой выигрыш согласно определенным для каждого из них матрицами выигрышей. Найдем ситуацию равновесия, т.е. стратегию, удовлетворяющую выигрышам обоих игроков.

Предположим, что энергокомпания желает построить один из двух объектов на территории города. Городские власти могут принять предложения компании или отказать. Энергокомпания – игрок 1 имеет две стратегии: строить объект 1 – электростанцию с углесжигательной установкой; строить объект 2 – электростанцию с газосжигательной установкой. Город – игрок 2 имеет две стратегии: принять предложение энергокомпании или отказать. Свои действия (стратегии) они применяют независимо друг от друга, и результаты определяются прибылью (выигрышем) согласно следующим матрицам:

$$A = \begin{pmatrix} -10 & 2 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 5 & -2 \\ -1 & 1 \end{pmatrix},$$

(например: если игроки применяют свои первые стратегии, энергокомпания решает строить 1 объект, а городские власти разрешают его постройку, тогда город получает выигрыш 5 млн. грн., а энергокомпания теряет 10 млн. грн., и т.д.).

Для этой игры имеем:

$$a_1 = a_{11} - a_{12} - a_{21} + a_{22} = -10 - 2 - 1 - 1 = -14 < 0,$$

$$a_2 = a_{22} - a_{12} = -1 - 2 = -3,$$

$$\alpha = \frac{a_2}{a_1} = \frac{-3}{-14} = \frac{3}{14}.$$

Так как $a_1 < 0$, то множество решений K имеет следующий вид:

$$(0, y) \text{ при } \frac{3}{14} \leq y \leq 1;$$

$$(x, \frac{3}{14}) \text{ при } 0 \leq x \leq 1;$$

$$(1, y) \text{ при } 0 \leq y \leq \frac{3}{14}.$$

Для 2 игрока имеем:

$$b_1 = b_{11} - b_{12} - b_{21} + b_{22} = 5 + 2 + 1 + 1 = 9 > 0,$$

$$b_2 = b_{22} - b_{21} = 1 + 1 = 2,$$

$$\beta = \frac{2}{9}.$$

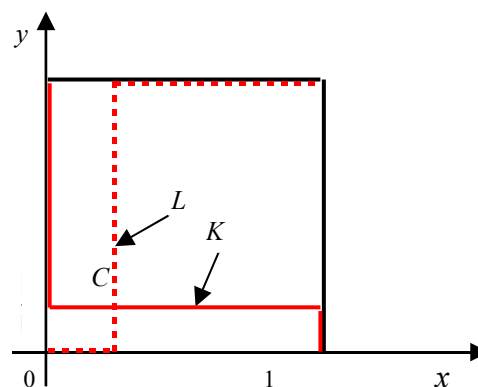
Геометрически это выглядит следующим образом.

Так как $b_1 > 0$, то множество решений L имеет следующий вид:

$$(x; 0), \text{ при } 0 \leq x \leq \frac{2}{9};$$

$$(\frac{2}{9}; y), \text{ при } 0 \leq y \leq 1;$$

$$(x; 1), \text{ при } \frac{2}{9} \leq x \leq 1.$$



Точка пересечения множеств L и K есть точка C с координатами $x = \frac{2}{9}$; $y = \frac{3}{14}$ и является соответственно приемлемыми стратегиями энергокомпании и города.

При этом выигрыш соответственно равен:

$$E_1(A, x, y) = (x, 1-x) \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y \\ 1-y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{2}{9} & \frac{7}{9} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -10 & 2 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3/14 \\ 11/14 \end{pmatrix} = -\frac{4}{7};$$

$$E_2(A, x, y) = (x, 1-x) \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y \\ 1-y \end{pmatrix} = \frac{1}{3}.$$

Если решить эту игру как матричную игру двух игроков с нулевой суммой, то для игры с матрицей A оптимальные смешанные стратегии для 1 игрока и цена игры получаются из решения уравнений:

$$\begin{cases} -10x^1 + (1-x^1) = v_1 \\ 2x^1 - (1-x^1) = v_1 \end{cases},$$

откуда вероятность применения игроком 1 первой стратегии равна $x^1 = \frac{2}{14}$, цена игры $-v_1 = -\frac{4}{7}$, что

совпадает с E_1 , вероятность применения игроком 2 первой стратегии $y^1 = \frac{3}{14}$. Для игры с матрицей B оптимальные смешанные стратегии и цена игры для игрока 2 определяются из системы:

$$\begin{cases} 5y^2 - 2(1-y^2) = v_2 \\ -y^2 + (1-y^2) = v_2 \end{cases}.$$

Следовательно, вероятность применения игроком 2 своей стратегии $y^2 = \frac{1}{3}$, а игроком 1 $x^2 = \frac{2}{9}$, цена игры $v_2 = \frac{1}{3}$, что совпадает с E_2 .

Таким образом, если каждый из игроков будет применять свои стратегии в этой игре, исходя только из матриц своих выигрышей, то их оптимальные средние выигрыши совпадут с их выигрышами при ситуации равновесия. Равновесная ситуация направляет поведение игроков не столько на максимизацию своего выигрыша, сколько на минимизацию выигрыша своего противника.

Задачей дальнейшего исследования в данном направлении является построение теоретико-игровой модели для примера 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. Крушевский А.В. Теория игр: Учеб. пособие / А.В. Крушевский. — К.: Выща шк. Головное изд-во, 1977. — 216 с.
3. Исследование операций в экономике: Учеб. пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Прутко, И.М. Тришин и др. — М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. — 407 с.

Поступила в редакцию 11.12.2006 г.