

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВОЙ ПОДХОД В ОБОСНОВАНИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО РЕШЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

И. В. Савченко¹⁾, А. В. Капусто²⁾ (научный руководитель)

¹⁾ студент, Белорусский государственный университет, Минск,
Республика Беларусь, ir.savchenk@gmail.com

²⁾ кандидат физико-математических наук, доцент, Белорусский государственный
университет, Минск, Республика Беларусь, kapusto@tut.by

В работе представлен теоретико-игровой подход к моделированию задач принятия решений. Приведена постановка задачи принятия инвестиционного решения в форме статистической игры с конечным числом стратегий поведения лица, принимающего решение и конечным числом состояний природы; приведены классические критерии для решения статистических игр в условиях полной и частичной неопределенности; указана роль используемых параметров; описаны подходы к обоснованию выбора направления инвестирования.

Ключевые слова: Принятие решений; неопределенность; статистическая игра; стратегия; критерий.

A GAME-THEORETIC APPROACH TO SUBSTANTIATING AN ENTERPRISE'S INVESTMENT DECISION

I. V. Savchenko¹⁾, A. V. Kapusto²⁾ (supervisor)

¹⁾ Student, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus, ir.savchenk@gmail.com

²⁾ PhD, Associate Professor, Belarusian State University, Minsk,
Republic of Belarus, kapusto@tut.by

The paper presents a game-theoretic approach to modeling decision-making problems. The formulation of the problem of making an investment decision in the form of a statistical game with a finite number of strategies for the behavior of the decision-maker and a finite number of states of nature is given; classical criteria for solving statistical games in conditions of complete and partial uncertainty are given; the role of the parameters used is indicated; approaches to substantiating the choice of investment direction are described.

Keywords: making decisions; uncertainty; statistical game; strategy; criterion.

Современный человек живёт в мире, где существует постоянная необходимость принимать решения. Важность и сложность этих решений может варьироваться от ситуации к ситуации, однако чаще всего человек сталкивается с решениями, точные последствия которых ему неизвестны. Неопределённость при принятии решений порождает риск. В настоящее время, когда экономические отношения изменяются чрезвычайно быстро, большинство принимаемых человеком решений – на всех уровнях – происходят в условиях риска и неопределённости. Формирование нового типа экономики – цифровой экономики, – а вместе с ней нового способа производства и нового типа занятости, изменение в расстановке сил касательно факторов производства, появление принципиально новых связей клиент-производитель – всё это ускоряет проведение экономических транзакций и, следовательно, требует ускорения в принятии экономических решений. Информации для анализа и вариантов выбора становится только больше, а времени на принятие решения – меньше на всех уровнях. Индивид, находящийся в поисках работы, и директор, выбирающий выгодный инвестиционный

проект, находятся в одинаковых условиях: им необходимо принять решение в условиях риска и неопределённости.

Любое решение требует определённого, даже самого минимального, промежутка времени для перебора возможных вариантов поведения и обоснования выбора из их совокупности определённого. Неопределённость состояний внешней среды, которые невозможно предугадать или как-то повлиять на них, и недостаточная информированность лица, принимающего решение (ЛПР) о будущем вызывают сложность при выборе варианта поведения (стратегии). Именно эта неопределённость «ответной реакции» внешней среды обуславливает необходимость разработки ЛПР нескольких стратегий и ставит его перед задачей принятия окончательного решения. Вследствие этого процесс принятия обоснованных объективных решений должен опираться на научный подход с использованием математических моделей и количественных методов анализа данных. Теоретико-игровой подход является наиболее распространённым методом принятия решений в условиях неопределённости.

Задачу принятия решений можно представить в виде математической модели с помощью статистической игры, т. е. игры с природой. Главное отличие статистических игр от парных матричных заключается в том, что сознательно действует только один из игроков, чаще всего называемый активным, который и выступает в качестве ЛПР. Второй игрок – пассивный игрок или Природа, – представляет собой внешнюю среду, влияющую на результат принятого ЛПР решения. Пассивный игрок не принимает решений и, фактически, является абсолютно нейтральным как к выигрышу, так и к проигрышу ЛПР. При использовании статистических игр для моделирования принятия решений на практике в роли ЛПР может выступать один человек (менеджер, директор, начальник отдела и т. д.) или группа лиц (совет директоров, собрание акционеров и т. д.) [1]. Можно отметить, что статистические игры достаточно наглядны для иллюстрации принятия решения в вопросах инвестирования, так как рыночная конъюнктура не играет против инвестора, а изменяется под действием многих факторов.

В зависимости от того, известны или нет вероятности возможных состояний (стратегий) Природы, в статистических играх используются различные методы принятия решений. Неопределённость называется частичной в том случае, когда вероятности наступления того или иного состояния среды известны, в обратном же случае – полной неопределённостью.

Пусть ЛПР имеет m возможных стратегий поведения: A_1, A_2, \dots, A_m ; Природа, в свою очередь, может оказаться в одном из n возможных состояний: P_1, P_2, \dots, P_n ; кроме того, для каждой допустимой комбинации $((A_i, P_j))$ известно значение h_{ij} – количественная оценка эффективности (выигрыш) от использования ЛПР стратегии A_i при состоянии природы P_j (табл. 1).

Для случая частичной неопределённости предполагаются известными вероятности состояний природы q_j , $j = \overline{1, n}$. Уменьшение размерности платежной матрицы в статистических играх возможно только за счет наличия доминируемых стратегий у активного игрока, так как пассивный игрок не заинтересован в результатах игры и равнодушен к проигрышу (выигрышу) ЛПР.

В условиях полной неопределённости для обоснования оптимальной стратегии традиционно используют критерий крайнего оптимизма, максиминный критерий Вальда, критерии Сэвиджа, Гурвица, Лапласа, в условиях частичной неопределённости – критерии Байеса и Ходжа-Лемана [2, 3, 4].

Таблица 1 – Платежная матрица игры

Стратегия ЛПР A_i	Состояние природы Π_j			
	Π_1	Π_2	...	Π_m
A_1	h_{11}	a_{12}	...	a_{1m}
A_2	a_{12}	a_{22}	...	a_{2m}
...
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nm}
Вероятности состояний среды, q_j	q_1	q_2	...	q_n

Примечание – Источник: составлено по [1].

В исследовании моделирование с привлечением аппарата статистических игр было выполнено для выбора стратегии при обосновании инвестиционной политики, а именно: продолжать инвестировать в реальные точки продаж, т.е. строительство нового филиала, расширение торговой сети, или же направить финансовые средства на заключение договоров эквайринга (торгового и интернет) и развитие интернет-магазина на базе цифровой платформы. Активным игроком или ЛПР в данном случае будет выступать замдиректора по финансам, но стоит отметить, что окончательное решение остаётся за директором предприятия. Пассивным игроком в данной задаче выступает конъюнктура и тенденции рынка, выражающиеся в количестве и объеме операций, совершаемых посредством банковских платёжных карточек, количество терминалов и банкоматов у торговых точек, количество выданных банковских платёжных карточек.

На базе статистической информации за прошлые периоды были сформированы 4 стратегии поведения ЛПР, которые представляли собой распределение финансовых средств исходя из двух направлений инвестирования: A_1 – предпочтение отдается инвестированию в реальные точки продаж, A_2 – финансовые средства делятся в отношении 75/25 и большая часть направляется на инвестирование в реальные точки продаж, A_3 – финансовые средства делятся в отношении 25/75 и большая часть направляется на инвестирование в интернет-магазин, A_4 – предпочтение отдается инвестированию в интернет-магазин и развитию платформы. Исходя из мировых тенденций, прогнозов и данных прошлых периодов, были определены пять вариантов возможного поведения Природы. Результатом построения модели стала платежная матрица, элементы которой представляют собой возможную (ожидаемую) прибыль от работы предприятия за год при выборе ЛПР определенного варианта инвестирования и реализации Природой одного из ответных сценариев. При определении элементов платежной матрицы были использованы данные, соответствующим реальным затратам на оформление договора эквайринга, установку соответствующего оборудования, создание сайта, а также стоимость аренды помещения, затраты по найму сотрудников, стоимость рекламы нового филиала. Заметим также, что доминирование стратегий ЛПР в построенной платежной матрице отсутствует. Вероятностные распределения для возможных состояний природы были разработаны самостоятельно.

Так как платежная матрица статистической игры отражает эффективность результата реализации принятого решения, то и при применении указанных выше критериев определение оптимальных стратегий было основано на максимизации итогового значения. Заметим, что критерий крайнего оптимизма и максиминный

критерий Вальда связаны между собой через критерий Гурвица. Для использования данного критерия необходимо ввести и задать параметр λ ($0 \leq \lambda \leq 1$). Расчет итогового показателя критерия осуществляется по формуле:

$$\max_i \gamma_i = \max_i (\lambda \min_j h_{ij} + (1 - \lambda) \max_j h_{ij})$$

и при $\lambda = 0$ критерий Гурвица идентичен критерию крайнего оптимизма, при $\lambda = 1$ – критерию Вальда. Параметр λ выступает показателем пессимизма ЛПР и отражает его отношение к предполагаемому развитию сценария состояний Природы. В работе для применения критерия Гурвица был использован диапазон изменения λ от 0 до 1 с шагом 0,2, что позволило зафиксировать рубежное значение показателя пессимизма, определяющее изменение выбора оптимальной стратегии ЛПР.

При применении критерия Байеса были исследованы три варианта, в зависимости от предполагаемого сценария поведения пассивного игрока. Кроме того, использование критерия Ходжа-Лемана позволило продемонстрировать связь критериев Байеса и Вальда. Для использования данного критерия необходимо ввести и задать параметр u ($0 \leq u \leq 1$). Расчет итогового показателя критерия осуществляется по формуле:

$$\max_i (hl)_i = \max_i (u \sum_{j=1}^n h_{ij} q_j + (1 - u) \min_j h_{ij}),$$

и при $u = 0$ критерий Ходжа-Лемана идентичен критерию Вальда, при $u = 1$ – критерию Байеса. Параметр u выступает показателем степени доверия ЛПР к имеющейся информации о предполагаемых возможных вероятностях состояний природы. В работе для применения критерия Ходжа-Лемана для каждого из трех сценариев был использован диапазон изменения u от 0 до 1 с шагом 0,2, что позволило зафиксировать рубежное значение показателя степени доверия ЛПР, определяющее изменение выбора оптимальной стратегии.

Итогом исследования стало детальное обоснование выбора стратегии инвестиционной политики как для случая полной неопределенности, так и для предложенных сценариев развития ситуации с позиции внешней среды.

Таким образом, теоретико-игровой подход к задачам принятия решений позволяет представить реальную практическую задачу в виде статистической игры и обосновать выбор оптимальной стратегии поведения на базе применения различных критериев в зависимости от вида неопределенности. В условиях цифровой экономики, где существует многовариантность инвестирования и риски отдельных инвестиционных проектов могут быть крайне высоки, математическое моделирование принятия решений позволит рассмотреть поставленную проблему с разных ракурсов и обосновать выбор приемлемого для ЛПР варианта вложения средств и развития предприятия или сферы деятельности.

Библиографические ссылки

1. Капусто А. В., Лепешо Э. В. Многокритериальный подход к принятию решений в условиях неопределенности риска // Тенденции экономического развития в XXI веке: материалы III Междунар. науч. конф., Минск, 1 марта 2021 г., Белорус. гос. ун-т. Минск : БГУ, 2021. С. 68-71.
2. Экономико-математические методы и модели : Учеб. пособие / Н. И. Холод, А. В. Кузнецов, Я. Н. Жихар и др.; Под общ. ред. А. В. Кузнецова. 2-е изд. Мн. : БГЭУ, 2002. 412 с.
3. Костевич Л. С. Математическое программирование: Информ. Технологии оптимальных решений : Учеб. пособие / Л. С. Костевич. Мн. : Новое знание, 2003. 424 с.
4. Теоретические основы автоматизированного управления / А. В. Меньков, В. А. Острейковский : Учебник для вузов. М. : Издательство Оникс, 2005. 640 с.: ил.