

УДК 338.2, 519.83, 05.13.

DOI: [10.26102/2310-6018/2021.35.4.008](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2021.35.4.008)

Моделирование процесса принятия решений в рамках производственной системы с использованием аппарата теории игр

Л.А. Сазанова

*Уральский государственный экономический университет,
Екатеринбург, Российская Федерация*

Резюме. В работе рассмотрена возможность применения ряда игровых подходов к анализу конкретной экономической ситуации взаимодействия участников производственного процесса – администрации и работников – на предприятии. При этом цели и предпочтения сторон не совпадают, что повышает вероятность конфликта и оказывает прямое влияние на результат. В соответствующей модели отражены особенности взаимосвязей финансовых и экономических интересов участников. Предложен механизм принятия решений, позволяющий определять оптимальные значения ключевых результирующих показателей и обосновывать выбор стратегий. Реализованы подходы как с точки зрения антагонистических игр, так и биматричных, а также постановка и решение игры с природой. Представленная методика также помогает выявлять и анализировать причины конфликта интересов игроков и количественно оценивать меру риска каждого из них при реализации выбранных стратегий. Проведенное исследование показало, что применение методов теории игр к оценке степени удовлетворенности каждого из участников позволяет снизить общую неопределенность при моделировании проблемной ситуации и обеспечить более обоснованное принятие решения каждой из заинтересованных сторон. При этом существуют определенные ограничения в использовании аналитического инструментария теории игр для моделирования и анализа сложных внутриорганизационных отношений, поэтому указанные подходы целесообразно сочетать с другими управленческими методами принятия решения для достижения оптимального результата и решения производственных задач.

Ключевые слова: заинтересованные стороны, теория игр, взаимодействие, конфликт интересов, биматричная игра, иерархическая игра, игра с природой.

Для цитирования: Сазанова Л.А. Моделирование процесса принятия решений в рамках производственной системы с использованием аппарата теории игр. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2021;9(4). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1057> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.35.4.008

Modeling the decision-making process within the production system using the apparatus of game theory

L.A. Sazanova

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russian Federation

Annotation. This paper considers the possibility of applying a number of game approaches to the analysis of a specific economic situation of interaction between participants in the production process - administration and employees, at the enterprise. At the same time, the goals and preferences of the parties do not coincide, which increases the likelihood of conflict and has a direct impact on the result. The corresponding model reflects the peculiarities of the relationship between the financial and economic interests of the participants. A decision-making mechanism is proposed that allows

determining the optimal values of the key resulting indicators and justifying the choice of strategies. The approaches have been implemented both from the point of view of antagonistic games and bimatrix ones, as well as staging and solving a game with nature. The presented methodology also helps to identify and analyze the causes of the conflict of interests of players and to quantify the risk measure of each of them when implementing the chosen strategies. The study showed that the application of game theory methods to assessing the degree of satisfaction of each of the participants can reduce the overall uncertainty when modeling a problem situation and provide a more informed decision-making for each of their stakeholders. At the same time, there are certain limitations in the use of analytical tools of game theory for modeling and analyzing complex intra-organizational relations, therefore, it is advisable to combine these approaches with other management decision-making methods to achieve an optimal result and solve production problems.

Keywords: parties concerned, game theory, interaction, conflict of interest, bimatrix play, hierarchical play, play with nature.

For citation: Sazanova L.A. Modeling the decision-making process within the production system using the apparatus of game theory. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2021;9(4). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1057> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.35.4.008 (In Russ).

Введение

Предметом исследования в данной работе является анализ ситуации принятия решений двумя сторонами с несовпадающими интересами – администрацией и рядовыми работниками – которая может иметь место при внедрении мотивационных механизмов на производстве. Характерной чертой подобных ситуаций, связанных с принятием решений в экономических и социальных системах, является наличие множества стратегий у лиц, принимающих решения. Далее необходима формализация, в ходе которой целям ставятся в соответствие количественные и качественные характеристики – измерители их достижения. Когда такие характеристики определены, процесс поиска наилучшего решения может быть разделен на части. Сначала из множества имеющихся альтернатив целесообразно отобрать рациональные, и далее, из них уже выбрать оптимальную, если таковая существует. При принятии решений в организациях и на предприятиях зачастую ожидаемый результат затрагивает интересы различных групп, выполняющих разные задачи и имеющих свои цели в рамках деятельности всей системы. В подобных случаях возможен конфликт интересов и предпочтений сторон-участников проблемной ситуации во время разработки управленческого решения, а также на этапе его реализации. Например, это могут быть рассогласования целей подразделений (каждое стремится решить свою проблему или оценивает выгоды со своей точки зрения), так что задача получается многокритериальная. Также возможны вопросы при распределении полномочий, обязанностей, ресурсов и ответственности, а позже – при дележе результатов. Поэтому важно четко формализовать и детализировать: кто, каким образом, в какие сроки и что должен сделать, какова ценность принятого решения для каждого из участников.

На сегодняшний день одним из наиболее востребованных инструментов при принятии решений является применение аппарата теории игр, позволяющего количественно описать цели заинтересованных сторон, смоделировать динамику их взаимодействия, учесть неопределенность поведения и особенности взаимоотношений, решая задачи коллективного выбора. Противоречивый характер отношений участников процесса, с одной стороны, и необходимость формализации – с другой, подталкивают к использованию в указанных целях теоретико-игровых и оптимизационных моделей. Под «игрой» в данном контексте понимается некий конкурентный процесс, в котором участвуют две или более стороны, коммуницирующие в рамках единой организационной

системы и ведущие борьбу за реализацию своих интересов [1]. Особенно важное значение теория игр приобретает при изучении возможностей моделирования организационных динамических процессов, допускающих взаимодействие сторон, как это сделано в данной работе при решении задачи о выборе оптимальных стратегий сторонами, действующими в рамках производственного процесса на предприятии.

Предполагается, что участники, взаимодействующие в пределах экономической системы, стремятся к реализации решений, увеличивающих их выгоды. Данная точка зрения отвечает известной концепции поведения «экономического человека» [2], согласно которой ключевым критерием рационального поведения субъекта является стремление максимизировать величину функции полезности, отражающей его предпочтения. Однако, в реальности его поведение не всегда согласуется с этой предпосылкой по ряду причин, в частности, вследствие упрощения ситуации в ходе создания модели, из-за наличия иррациональных мотивов (эмоции, альтруизм) и т. д. При этом постановка задачи в виде математической игры позволяет нетривиально взглянуть на проблему и обнаружить пути ее решения.

Несмотря на большой интерес к теории игр со стороны экономистов и социологов и достаточно развитый математический аппарат, существует весьма ограниченное число публикаций, иллюстрирующих применение игрового подхода для урегулирования проблемных ситуаций в организациях и на производственных предприятиях. При практической реализации возникает ряд ограничений, среди которых немаловажными являются сложность формального описания поведения участников, а также учет изменений их интересов в процессе взаимодействия. Попытки решения соответствующих задач при наличии несовпадения интересов сторон-участников конфликтной ситуации в рамках производственной системы представлены, например, работами [3]-[5]. Стоит отметить работу [6], содержащую постановки задач в рамках игрового подхода при анализе проблем управления организациями, в том числе, и при неполной информированности участников. Однако, в некоторых ситуациях использование только лишь игровых методов может оказаться недостаточно эффективным, подобный случай рассмотрен в работе [7]. В связи с вышесказанным, рассмотренная в настоящей работе модель конфликтной ситуации на производственном предприятии является актуальной как с точки зрения теории игр, так и в контексте управленческой практики.

Материалы и методы

Методологической основой исследования являются различные подходы анализа ситуации при наличии неопределенности, предлагаемые теорией игр с целью выявления причин и особенностей конфликта и поиска баланса интересов участников ситуации. Также в работе использованы традиционные общенаучные методы исследования, такие, как наблюдение и эксперимент, анализ, сравнение и аналогия. Рассматривается ситуация принятия решений администрацией и работниками некоторого производственного предприятия, которая может возникнуть, например, при планировании нововведений и реализации мотивационных мероприятий. Формализованная постановка задачи в виде биматричной игры содержится в работе [8].

Первый игрок – администрация предприятия, которая желает стимулировать работников к экономии сырья в процессе производства ими конечной продукции. В роли второго игрока выступает отдельно взятый работник, либо группа работников (участок, цех, подразделение), вырабатывающая общую стратегию. Если рассматривается последний вариант, то предполагается, что ее выбор будет поддержан всеми рабочими (замечания, касающиеся более сложной ситуации, сделаны в конце статьи). За

экономленное сырье полагается выдача поощрения – премирование. Руководство внедряет премиальную систему и желает определиться с размером премии в рамках его допустимого диапазона, преследуя естественные цели – увеличить выпуск продукции и при этом не переплатить больше разумного. Второй игрок получает заработную плату пропорционально выработке, а также, – премию, размер которой зависит от количества сэкономленного сырья и ставки премирования. Его цель – заработать больше при разумных усилиях и временных затратах. Поскольку для экономии рабочему приходится обычно обрабатывать сырье более качественно, затрачивая больше времени на единицу продукта, это обстоятельство влияет на величину объема выработки. У рабочего возникает альтернатива: либо обрабатывать сырье и изготавливать продукт быстрее, с меньшей экономией, стремясь увеличить получаемую денежную сумму за счет размера выработки, либо с меньшей выработкой за то же время добиваться большего размера премии, экономя ресурсы. Соответственно, и администрация может получать выгоду как от продажи готовых изделий, так и за счет экономии сырья (и возможно, последующей его продажи или использования).

В общем виде задача сводится к поиску стратегий, оптимальных, по возможности, для обеих сторон, учитывающих частичное несовпадение интересов сторон (первая стремится к премии в разумных пределах, но имея эффект экономии сырья, вторая желает получить выгоду при минимальных временных затратах и физических усилиях) и их взаимодействие (стороны информированы о целях и возможных стратегиях друг друга). Последовательность принятия решений и численные характеристики стратегий определим ниже.

Поскольку решение динамической игры с непрерывными стратегиями зачастую является технически сложным, достаточно часто используется метод дискретизации множества решений, обеспечивающий при этом получение адекватного результата с приемлемой точностью. С этой целью введем дискретные наборы значений управляемых параметров в пределах известных интервалов, соответствующие стратегиям игроков. Тем самым получим конечный набор величин, отражающих размер премии за единицу сэкономленного сырья и возможные режимы экономии со стороны работника. Используем следующие обозначения: пусть размер возможной экономии в расчете на одно изделие составляет x кг, где величина x может изменяться в известных пределах, $x \in [0; x_{max}]$; h (изделий в час) составляет размер выработки одного рабочего при отсутствии экономии, c – стоимость (ден. ед.) единицы (1 кг) сырья; k – оплата труда работника за одно изделие (ден. ед.); l – размер премии за единицу (ден. ед. за 1 кг) сэкономленного сырья ($0 \leq l \leq c$); p – прибыль предприятия (в ден. ед.), получаемая от реализации единицы изделия. Поскольку процесс экономии требует временных затрат со стороны работника, будем считать, что экономия сырья в размере x кг на одном изделии приводит к снижению выработки в $\frac{x_{max}}{x_{max}-x}$ раз. Обратная к данной дроби величина соответствует интенсивности выработки в час, она варьирует от 0 до 1 с учетом выбранного режима экономии. Требуется определить:

- 1) оптимальную для руководства предприятия величину премии, при которой прибыль предприятия максимальна;
- 2) оптимальную стратегию работника в плане экономии ресурсов, позволяющую ему максимизировать заработную плату.

Таким образом, у каждого из участников производственного процесса имеются своя цель и свой инструмент влияния на ситуацию: максимизация прибыли при подходящем выборе меры поощрения – у первого игрока, и увеличение заработка (в том числе, и за счет разумной экономии сырья) – у второго. Для дальнейшей формализации введем платежные функции, значения которых соответствуют критериям качества,

измеряющим достижение каждой из целей. В роли измерителей естественно рассмотреть функцию прибыли предприятия (получаемой от результатов труда одного рабочего) и размер заработной платы рабочего. Значения обеих платежных функций зависят от выработки рабочего h (для разных работников эта величина может отличаться, поэтому выделена как параметр), количества сэкономленных им ресурсов x и величины премиальных l . Прибыль предприятия от результата деятельности одного рабочего в час $H_1(x, l)$ складывается из прибыли от реализации произведенных им изделий и стоимости сэкономленного сырья (которое можно использовать позже или реализовать иначе), и может быть представлена формулой

$$H_1(x, l) = ph \frac{x_{max} - x}{x_{max}} + (c - l)xh \frac{x_{max} - x}{x_{max}}. \quad (1)$$

Заработная плата рабочего $H_2(x, l)$ в час также складывается из двух составляющих – оплаты выработки с учетом ее изменения при экономии и премии за экономию сырья, и выражена зависимостью

$$H_2(x, l) = kh \frac{x_{max} - x}{x_{max}} + lxh \frac{x_{max} - x}{x_{max}}. \quad (2)$$

Таким образом, цели участников данной биматричной игры выражены соотношениями:

$$\begin{cases} H_1(x, l) \rightarrow \max_l \\ H_2(x, l) \rightarrow \max_x \end{cases}. \quad (3)$$

Как видно из формализованной постановки задачи, в качестве стратегических переменных выступают ставка премирования за экономию и размер экономии. Данная игра может быть рассмотрена как одновременная (в классической постановке задачи, при которой участники одновременно выбирают стратегии, не зная о выборе другого игрока) и как иерархическая. Следует отметить, что рассмотрение игры как иерархической оправдано, поскольку на практике ситуация, когда «первый ход» делает администрация, сообщая возможные размеры премии, наблюдается достаточно часто. Ниже представлены результаты построения платежных матриц игроков в ходе численного эксперимента, в котором параметры модели принимают следующие значения:

$$c = 5 \text{ (д.е.)}, \quad h = 10 \text{ (изд.)}, \quad x_{max} = 1 \text{ (кг.)}, \quad k = 0,2 \text{ (д.е.)}, \quad p = 1 \text{ (д.е.)}.$$

Заметим, что при иных соотношениях между стоимостью единицы сырья, оплатой труда и прибылью от реализации единицы изделия получатся другие, возможно, сильно отличающиеся от полученной ниже платежной матрицы. Таким образом, ценность сырья, стоимость вложенного труда и наценка при продаже могут существенно изменить дальнейший ход рассуждений, что естественно: особенности производства (дороговизна, длительность и сложность обработки сырья) влияют на используемые рычаги управления процессом. Для отображения стратегий игроков используем следующие дискретные наборы альтернативных величин, характеризующих размеры премии за экономию единицы сырья и возможное количество сэкономленного ресурса:

$l \in \{0; 1; 2; 3\}$ – варианты значений параметров премиальной системы;

$x \in \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5\}$ – показатели количества сэкономленного сырья.

Результирующие показатели прибыли предприятия и заработной платы работника при различных допустимых стратегиях каждого из участников, т. е. вариантах выбора l и x , могут быть представлены в виде следующих платежных матриц – Таблицы 1, 2.

Таблица 1 – Матрица выигрышей первого игрока – администрации
Table 1 – First player payoff matrix – administration

| Стратегии администрации предприятия | | Величина прибыли предприятия, $H_1(x, l)$ | | | | | |
|--|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Стратегии рабочего | | | | | |
| | | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 |
| | 0 | 10 | 13,5 | 16 | 17,5 | 18 | 17,5 |
| l_1 | 0 | 10 | 13,5 | 16 | 17,5 | 18 | 17,5 |
| l_2 | 1 | 10 | 12,6 | 14,4 | 15,4 | 15,6 | 15 |
| l_3 | 2 | 10 | 11,7 | 12,8 | 13,3 | 13,2 | 12,5 |
| l_4 | 3 | 10 | 10,8 | 11,2 | 11,2 | 10,8 | 10 |

Таблица 2 – Матрица выигрышей второго игрока – рабочего
Table 2 – Payoff matrix of the second player – worker

| Стратегии администрации предприятия | | Заработная плата рабочего, $H_2(x, l)$ | | | | | |
|--|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Стратегии рабочего | | | | | |
| | | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 |
| | 0 | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1 |
| l_1 | 0 | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1 |
| l_2 | 1 | 2 | 2,7 | 3,2 | 3,5 | 3,6 | 3,5 |
| l_3 | 2 | 2 | 3,6 | 4,8 | 5,6 | 6 | 6 |
| l_4 | 3 | 2 | 4,5 | 6,4 | 7,7 | 8,4 | 8,5 |

Отыскание оптимумов (3) может трактоваться как достижение участниками ситуации баланса интересов, если найдется пара значений параметров (l_0, x_0) , одновременно удовлетворяющих данным условиям.

Результаты и их обсуждение

При рассмотрении игры как биматричной [8], в рамках которой игроки обязаны осуществить выбор одновременно, очевидно наличие у первого игрока слабодоминирующей стратегии l_1 (премия не выдается). В этом случае второму игроку режим экономии не выгоден, и он будет стремиться вырабатывать в час ровно h единиц продукции. Получаем равновесную ситуацию $\{l_1; x_1\}$, в рамках которой игроки имеют выгоду, соответственно, 10 и 2 д. е. в час, что не является, вообще говоря, желаемым результатом для каждого. В случае, если решение принимается согласованно группой рабочих, принципиального отличия в выборе стратегий также не будет. При повторении игры, однако, стратегии, выбираемые игроками, могут меняться в сравнении с оптимальными, соответствующими статической игре. Поведение взаимодействующих сторон часто зависит от того, предполагают ли они однократные отношения друг с другом или рассчитывают на долговременное сотрудничество.

На практике вышеописанная ситуация с минимальными платежами у обоих участников вряд ли будет иметь место в течение продолжительного времени, поскольку обесценивается одна из целей администрации – стремление к экономии. Насколько значима эта цель, зависит от ряда обстоятельств – ограничений на сырьевые запасы, остроты проблемы утилизации отходов, дороговизны сырья, экологичности его получения, репутации предприятия и т. д. Поэтому целесообразно рассмотреть игру как иерархическую [9]. Предположим, администрация озвучивает возможные размеры

премии за экономию, действующие в пределах определенного временного промежутка (месяца или полугодия), и, зная их и учитывая свои способности, рабочий выбирает стратегию экономии. Если администрация выберет свою первую стратегию, результат будет тот же, что в предыдущем случае: $\{l_1; x_1\}$; в случае выбора ею второй стратегии получаем ситуацию $\{l_2; x_5\}$; третьей, соответственно, $\{l_3; x_5\}$ или $\{l_3; x_6\}$; наконец, при выборе четвертой стратегии имеет место ситуация $\{l_4; x_6\}$. Очевидно, что в таком случае администрация как игрок, делающий ход первым, и стремящаяся максимизировать общую прибыль (1), должна предпочесть стратегию l_2 , при этом рабочий выбирает пятый режим экономии, и оба получают выгоды величиной, соответственно, 15,6 и 3,6 д. е. Данный результат более предпочтителен для обоих участников, нежели в случае, рассмотренном выше. Рационально действующие участники должны предпочесть именно данный вариант.

Если же ситуация последовательного принятия решений повторяется во времени, стратегии игроков могут меняться в зависимости от накопленной «истории» их выборов в предыдущие периоды, а также при изменении значений параметров l_i и x_j . Например, если важность экономии возрастет, то администрация пересмотрит размер премиальных; либо, если рабочие повысят квалификацию, может увеличиться «пороговое» количество сырья, которое способен сэкономить рабочий. Эти обстоятельства отражают реальные ситуации, складывающиеся в рамках производственного и организационного процессов, когда приходится учитывать не только собственные ожидания и цели. В этой связи полезным может оказаться поиск так называемых эволюционно-стабильных стратегий [10].

Для полноты картины рассмотрим постановку данной задачи в виде игры с природой, где в качестве «природы» может выступать одна из сторон, играя роль окружения, чьи действия не полностью предсказуемы, а в роли активного игрока – другая сторона, чья оптимальная стратегия отыскивается. Определиться с выбором конкретного критерия принятия решения, наиболее подходящего к ситуации, не просто, в том числе, из-за их обилия. Среди наиболее востребованных можно назвать критерий Вальда (когда игрок склонен к осторожному поведению и стремится гарантировать себе неснижаемый выигрыш), критерий Сэвиджа (если главная цель – минимизировать упущенную выгоду) либо критерий Байеса, при условии, что имеется возможность достоверно оценить вероятности состояний среды, в условиях которой действует игрок. Для применения последнего критерия необходим сбор статистики (информации о решениях другого участника в прошлые периоды), что неизбежно повлекло бы временные затраты.

Исследуем ситуацию, с точки зрения работников. По-прежнему рассматривается случай принятия решения отдельно взятым рабочим либо группой рабочих, принимающих решения, согласовывая их и вырабатывая единую стратегию. В роли «природы» выступает администрация, чьи решения – известные значения величины премирования за экономию ресурсов соответствуют возможным состояниям среды. При этом могут существовать причины, вследствие которых нельзя предсказать, какое состояние среды точно реализуется. Например, решение по размеру премиальных долго обсуждается руководителями и озвучивается уже в конце производственного цикла, когда подсчитывается выработка и назначается поощрение. Таким образом, рабочий должен определиться со своей стратегией и начать действовать в соответствии с ней, не зная заранее, каким будет размер премии, и стремясь максимизировать результат.

Согласно критерию Вальда, принятие решений происходит в соответствии с правилом

$$Z_v = \max \{2; 1,8; 1,6; 1,4; 1,2; 1\} = 2,$$

где Z_v – величина гарантированно неснижаемой выгоды рабочего. Соответственно, рекомендуется к выбору первая (осторожная) стратегия – отсутствие экономии.

Применим критерий минимаксного риска Сэвиджа, согласно которому, активный игрок стремится минимизировать свои риски (упущенную выгоду) [11]. Данный критерий, как и критерий Вальда, относится к пессимистичным, но его использование помогает лучше исследовать структуру рисков лица, принимающего решение. Формализация принятия решения «по Сэвиджу» выглядит следующим образом:

$$Z_C = \min_i (\max_j r_{ij}),$$

где риск (упущенная выгода) определяется как разница между лучшим возможным результатом участника и тем, который соответствует выбранной им i -й стратегии при фиксированном j -м состоянии природы

$$r_{ij} = \max_i a_{ij} - a_{ij}. \quad (4)$$

Из величин r_{ij} формируется т. н. матрица рисков $R = \|r_{ij}\|_{m,n}$. Для ее получения представим платежную матрицу активного игрока так, как это обычно делается в играх с природой: ее строки соответствуют стратегиям рабочего, столбцы – состояниям природы. На пересечении строки и столбца стоит величина заработной платы рабочего $H_2(x, l)$, (2). Вид соответствующей платежной матрицы представлен в Таблице 3. В ней жирным шрифтом выделены величины r_{ij} максимальных выигрышей по столбцам.

Таблица 3 – Матрица игры с природой (активный игрок – рабочий)
Table 3 – Matrix of playing with nature (active player – worker)

| Стратегии рабочего | | Состояния природы (размеры премии) | | | |
|--------------------|-----|------------------------------------|------------|----------|------------|
| | | l_1 | l_2 | l_3 | l_4 |
| | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| x_1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| x_2 | 0,1 | 1,8 | 2,7 | 3,6 | 4,5 |
| x_3 | 0,2 | 1,6 | 3,2 | 4,8 | 6,4 |
| x_4 | 0,3 | 1,4 | 3,5 | 5,6 | 7,7 |
| x_5 | 0,4 | 1,2 | 3,6 | 6 | 8,4 |
| x_6 | 0,5 | 1 | 3,5 | 6 | 8,5 |

Далее, рассчитываем величины рисков в соответствии с формулой (4). Они характеризуют упущенную выгоду, т. е. разницу, которую недополучит рабочий, если он при реализовавшемся состоянии среды выберет конкретную стратегию, не всегда не самую удачную. Матрица рисков представлена в Таблице 4.

Таблица 4 – Матрица рисков в игре с природой (активный игрок – рабочий)
Table 4 – Risk matrix in playing with nature (active player – worker)

| Стратегии рабочего | | Состояния природы | | | | Максимальная величина риска (упущенной выгоды) по строке |
|--------------------|-----|-------------------|-------|-------|-------|--|
| | | l_1 | l_2 | l_3 | l_4 | |
| | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| x_1 | 0 | 0 | 1,6 | 4 | 6,5 | 6,5 |
| x_2 | 0,1 | 0,2 | 0,9 | 2,4 | 4 | 4 |

| | | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| x_3 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 1,2 | 2,1 | 2,1 |
| x_4 | 0,3 | 0,6 | 0,1 | 0,4 | 0,8 | 0,8 |
| x_5 | 0,4 | 0,8 | 0 | 0 | 0,1 | 0,8 |
| x_6 | 0,5 | 1 | 0,1 | 0 | 0 | 1 |
| Минимальный риск | | | | | | 0,8 |

Согласно критерию Сэвиджа, активный игрок должен предпочесть ту стратегию, при которой величина упущенной выгоды минимальна. Из Таблицы 4 нетрудно видеть, что таковыми являются стратегии x_4 и x_5 , при которых рабочий может гарантировать себе риск, равный не более, чем 0,8 д. е.

Пусть теперь в качестве «природы» рассматривается «среднестатистический» работник, чьи квалификация и мотивационные соображения не могут быть в точности предсказаны руководством. В этом случае матрица игры совпадает с Таблицей 1. Согласно критерию Вальда, гарантированный выигрыш активного игрока Z_B составляет 10 д. е., причем, он достигается при выборе им *любой* стратегии. Матрица рисков, отражающая упущенные выгоды администрации, представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Матрица рисков в игре с природой, где активный игрок – администрация предприятия

Table 5 – Risk matrix in a game with nature, where the active player is the administration of the enterprise

| Стратегии администрации предприятия | | Стратегии рабочего | | | | | | Максим. риск |
|-------------------------------------|---|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | |
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| l_1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| l_2 | 1 | 0 | 0,9 | 1,6 | 2,1 | 2,4 | 2,5 | 2,5 |
| l_3 | 2 | 0 | 1,8 | 3,2 | 4,2 | 4,8 | 5 | 5 |
| l_4 | 3 | 0 | 2,7 | 4,8 | 6,3 | 7,2 | 7,5 | 7,5 |
| Минимальный риск | | | | | | | | 0 |

Таким образом, как и критерий Вальда, критерий Сэвиджа рекомендует к выбору первую стратегию. Опять же, результат в 10 д. е. едва ли является для администрации желательным. Возможно, одна из причин заключается в том, что мотивационные механизмы рабочего в роли «природы» в данной модели остаются неучтенными.

Резюмируя, приходим к следующему *выводу*: наличие у администрации, как активного участника, слабодоминирующей стратегии l_1 приводит к рекомендации выбирать именно ее, однако гарантированный результат далек от желаемого максимума, а экономить сырье рабочие не станут совсем. Если же акцент делается на активную роль работника, результат заметнее зависит от его особенностей – склонности к осторожному выбору либо желания не упускать возможные выгоды. Заметим, что один из результатов – стратегия x_5 , при выборе рабочим стратегии «по Сэвиджу» совпал с тем, что был получен ранее в иерархической игре.

Заключение

Полученные результаты, с одной стороны, позволяют заключить об ограниченности применения некоторых подходов теории игр к более сложной, нежели

принятие решения одним активным игроком, ситуации. Это может объясняться тем, что в настоящее время математический аппарат теории игр еще недостаточно полно разработан в плане поиска оптимальных стратегий в сложных ситуациях с более, чем двумя активными сторонами. С другой стороны, в условиях неполноты информации о намерениях и целях участников, указанные подходы могут быть полезны. Причиной такой неоднозначности является сложность самой управленческой задачи. Если интересы первого участника – администрации, являются достаточно прозрачными, а стратегия – понятной (максимизация прибыли), то второй участник (множество рабочих) с учетом неоднородности его характеристик представляет собой комбинированный, «совокупный» объект, менее предсказуемый игрок. Одно из направлений развития модели видится в исследовании поведения групп работников, деление на которые может производиться различным образом: по возрасту, стажу либо с учетом структурных подразделений предприятия – цехов, поточных линий, участков. В динамике интересы и представителей групп могут со временем меняться по разным причинам: цеха вырабатывают стратегию сообща, а часть работников не может выполнить принятые условия; рабочие проходят переаттестацию и повышают квалификацию и т. д. Отдельного рассмотрения заслуживают вопросы оценки степени влияния лидеров на группу, взаимоотношений между группами (если профсоюз вырабатывает «генеральную линию» поведения, но часть работников ее не поддерживает, начнутся конфликты).

Другим возможным направлением в применении ее наработок представляются подходы, предлагаемые в рамках т.н. коалиционных или кооперативных игр. Соответствующие постановки задач и обоснование предложенных решений можно найти, например в [12]. Возрастает также важность применения иных современных управленческих инструментов принятия решений, разработанных в рамках менеджмента, теории организаций, системного и ситуационного анализа. Например, полезен анализ ожиданий рабочих и руководства с использованием стейкхолдерского и игрового подходов, как это представлено в работе [13]. Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос количественной оценки степени влияния каждой из заинтересованных сторон на ситуацию. Известны способы ее измерения, предполагающие, что данная величина относительно постоянна, однако на практике она подвержена колебаниям, поскольку зависит от множества обстоятельств.

В заключение отметим, что теория игр является сложной, развивающейся областью экономико-математического, коммуникативного и семантического знания. При применении ее методов необходимы умеренность, хорошее владение теорией и четкое знание границ использования. Упрощенные толкования, принимаемые компанией самостоятельно или при помощи сторонних консультантов, могут оказаться рискованными и не всегда полезными. Поэтому грамотная реализация стратегий, предлагаемых в рамках игровых подходов, требует от аналитиков и управленцев наличия соответствующих знаний и опыта как в области математического и статистического моделирования, так и в сфере управленческой практики, психологии и экономики. Только при сочетании данных факторов возможно успешное решение сложноструктурированных производственных и управленческих задач.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мазалов В.В. *Математическая теория игр и приложения*. М.: Лань, 2016.
2. Родионова Н.В. Модель «экономического человека» в системе экономических знаний. *Высшее образование в России*. 2006;9:56-67.

3. Тихомиров С.А. Применение теории игр для принятия стратегических решений на примере российской компании. *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2016; 33(199):52-60.
4. Облога В.В., Черненко Т.А. Применение теории игр для оптимизации выпуска продукции. *Научный журнал КубГАУ*. 2015;108(04):2-11. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-teorii-igr-dlya-optimizatsii-vypuska-produktsii/viewer> (дата обращения: 15.08.2021).
5. Губко М.В., Новиков Д.А. *Теория игр в управлении организационными системами*. М,2005.
6. Захаров А.В. *Теория игр в общественных науках*. М: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2015.
7. Railean E.A. *Handbook of Research on Ecosystem-Based Theoretical Models of Learning and Communication*. IGI Global, 2019.
8. Дубина И.Н. *Основы теории игр и ее приложения в экономике*. Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2013.
9. Горелов М.А. Иерархические игры с неопределенными факторами. *Управление большими системами*. 2016;59:6-22.
10. Dolinsky M. Sustainable systems – game theory as a tool for preserving energy resources. *Energy, Sustainability and Society* 2015;5. Доступно по: <https://doi.org/10.1186/s13705-014-0030-8> (дата обращения: 15.08.2021).
11. Горский М.А., Лабскер Л.Г. Синтетический критерий Вальда-Сэвиджа для игры с природой и его экономические приложения. *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2020;4(2):179-193.
12. Smirnova A.V., Sheremetov L.B. Models of Coalition Formation among Cooperative Agents: The Current State and Prospects of Research. *Scientific and Technical Information Processing*. 2012;5(39):283-292.
13. Сазанова Л.А. Анализ стейкхолдерской сети в управлении организациями. *Наука и бизнес: пути развития*. 2019;5 (95):287-290.

REFERENCES

1. Mazalov V.V. *Matematicheskaya teoriya igr i prilozheniya*. Moskva: Lan'. 2016. (In Russ.)
2. Rodionova N.V. Model' «ekonomicheskogo cheloveka» v sisteme ekonomicheskikh znaniy. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii = Higher Education in Russia*. 2006;9:56-67. (In Russ.)
3. Tikhomirov S.A. Primeneniye teorii igr dlya prinyatiya strategicheskikh resheniy na primere rossiyskoy kompanii. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya = Financial analytics: problems and solutions*. 2016; 33(199):52-60. (In Russ.)
4. Obloga V.V., Chernenko T.A. Primeneniye teorii igr dlya optimizatsii vypuska produktsii. *Nauchnyy zhurnal KubGAU = Scientific Journal of KubSAU*. 2015;108(04):2-11. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-teorii-igr-dlya-optimizatsii-vypuska-produktsii/viewer> (Accessed: 15.08.2021). (In Russ.)
5. Gubko M.V., Novikov D.A. *Teoriya igr v upravlenii organizatsionnymi sistemami*. М.: 2005. (In Russ.)
6. Zakharov A.V. *Teoriya igr v obshchestvennykh naukakh*. М: Izd. Dom Vyshey shkoly ekonomiki, 2015.
7. Railean E.A. *Handbook of Research on Ecosystem-Based Theoretical Models of Learning and Communication*. IGI Global, 2019.

8. Dubina I.N. *Osnovy teorii igr i yeye prilozheniya v ekonomike: uchebnoye posobiye*. Barnaul: Izd-vo AltGU. 2013. (In Russ.)
9. Gorelov M.A. Iyerarkhicheskiye igry s neopredelennymi faktorami. *Upravleniye bol'shimi sistemami = Large-Scale Systems Control*. 2016;59:6-22. (In Russ.)
10. Dolinsky M. Sustainable systems – game theory as a tool for preserving energy resources. *Energy, Sustainability and Society*. 2015;5. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13705-014-0030-8> (Accessed: 15.08.2021).
11. Gorskiy M.A., Labsker L.G. Sinteticheskiy kriteriy Val'da-Sevidzha dlya igry s prirodoy i yego ekonomicheskoye prilozheniya. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law = Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2020;4(2):179-193. (In Russ.)
12. Smirnova A.V., Sheremetov L.B. Models of Coalition Formation among Cooperative Agents: The Current State and Prospects of Research. *Scientific and Technical Information Processing*. 2012;5(39):283-292.
13. Sazanova L.A. Analiz steykholderskoy seti v upravlenii organizatsiyami. *Nauka i biznes: puti razvitiya = Science and Business: Ways of Development*. 2019;5(95):287-290. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Сазанова Лариса Анатольевна, кандидат физико-математических наук, доцент Уральского государственного экономического университета, Екатеринбург, Российская Федерация.
Larisa A. Sazanova, Candidate of physical and mathematical sciences, Associate Professor of the Ural State Economic University, Ekaterinburg, Russian Federation.
e-mail: sazanovalarisa@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 01.09.2021; одобрена после рецензирования 09.10.2021; принята к публикации 19.10.2021.

The article was submitted 01.09.2021; approved after reviewing 09.10.2021; accepted for publication 19.10.2021.