

## ПОСТРОЕНИЕ ИГРОВОЙ МОДЕЛИ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МАРШРУТА И ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ПЕРЕДВИЖНОГО АТТРАКЦИОНА

**М. А. Валуев, А. В. Капусто**

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь*

В статье выполнено построение игровой модели задачи определения оптимальной стратегии формирования маршрута и организации работы передвижного аттракциона. При постановке задачи приведены особенности функционирования данного аттракциона, указаны наиболее значимые факторы, определяющие интерес зрителей. Моделирование выполнено на базе статистических игр.

**Ключевые слова:** игровое моделирование; стратегия; аттракцион; маршрут; фактор времени; сценарии погодных условий.

## CONSTRUCTION OF A GAME THEORY MODEL OF THE PROBLEM OF DETERMINING THE OPTIMAL STRATEGY FOR DRAWING UP A ROUTE AND ORGANIZING THE OPERATION OF A MOBILE ATTRACTION

**M. A. Valuev, A. V. Kapusto**

*Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus*

The article constructs a game theory model of the problem of determining the optimal strategy for drawing up a route and organizing the work of a mobile attraction. When setting the problem, the features of the functioning of this attraction are given, the most significant factors determining the interest of spectators are indicated. The simulation was performed on the basis of statistical games.

**Key words:** game theory modeling; strategy; attraction; route; time factor; weather scenarios.

Теоретико-игровой подход является одним из наиболее распространенных методов принятия решений в условиях неопределенности. Вид используемой игровой модели (парная игра с нулевой или постоянной суммой, биматричная, кооперативная, позиционная, статистическая игра) определяется сферой экономической деятельности, степенью заинтересованности и целями участников исследуемого экономического процесса [1]. В ряде ситуаций, когда в роли одного из игроков выступает комплекс внешних факторов (природа), абсолютно незаинтересован-

ных в результате игры, обоснованным является привлечение аппарата статистических игр [2].

В классическом представлении статистической игры активный игрок (ЛПР – лицо, принимающее решение) имеет  $m$  возможных стратегий поведения:  $A_1, A_2, \dots, A_m$ ; природа, в свою очередь, может оказаться в одном из  $n$  возможных состояний:  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ ; кроме того для каждой комбинации  $(A_i, \Pi_j)$  известно значение  $h_{ij}$  – количественная оценка (эффективность (выигрыш) или риск (проигрыш)) от использования ЛПР стратегии  $A_i$  при состоянии природы  $\Pi_j$ , ( $i = \overline{1, m}$ ;  $j = \overline{1, n}$ ) [2]. Фактор времени учитывается весьма опосредованно. В итоге большая часть игровых моделей ориентирована на изменение состояний природы только как на конечный вариант развития событий, без возможности формирования стратегий ЛПР, ориентирующихся на развитие событий в динамике.

Вместе с тем в ряде задач изменение поведения внешней среды под влиянием фактора времени имеет много вариантов развития, поэтому моделирование стратегий ЛПР должно учитывать возможные будущие сценарии поведения природы. Остановимся на построении игровой модели для задачи такого рода – формирования маршрута и организации работы передвижного аттракциона, выполняющего функции 5D-кинотеатра.

Пусть фирма-владелец планирует деятельность такого аттракциона в одной из областей нашей страны. Сезон активности начинается с наступлением теплой погоды и завершается вместе с ней. В выполненном исследовании продолжительность сезона определена в 28 недель.

Прежде всего, приведем краткую характеристику организации работы передвижного аттракциона по показу фильмов, который в дальнейшем будем называть 5D-аттракцион. Помещение для демонстрации представляет собой временное строение, рассчитанное на 4 посадочных места и оборудованное динамическими сидениями и проектором для воспроизведения роликов с эффектами погружения в фильм. В среднем, сеанс длится 5 мин. Рабочий день, составляет 11 часов (с 11:00 до 22:00). За один день непрерывного показа роликов 5D-аттракцион может пропустить более 500 посетителей. Однако, в действительности, такое количество недостижимо из-за времени, затрачиваемого на прием оплаты, объяснение техники безопасности, обеденный перерыв, обслуживание аппаратуры. Учитывая все указанные особенности, максимальное число зрителей в день составляет около 300 человек.

Также немаловажной частью организации работы 5D-аттракциона является требование по его размещению внутри населенного пункта, в

непосредственной близости от источника энергии. Это необходимо для проведения электричества. Для монтажа и демонтажа аттракциона выезжает команда из четырех-пяти человек, включая директора. При отсутствии каких-либо помех для проведения работы по монтажу и демонтажу, процесс занимает около 6-7 часов. Обслуживание 5D-аттракциона выполняет один работник.

Целевая аудитория данного бизнеса – это семьи с детьми и молодежь. Дети (5-18 лет) составляют до 65% зрителей, остальные посетители – родители и молодые пары, делятся в соотношении 2:3.

В населенных пунктах с численностью жителей до 15000 человек 5D-аттракцион посещают около 19% населения, тогда как в городах с населением более 100000 человек данный показатель снижается до 5% (на основании анализа статистической информации за предыдущие сезоны). Это обусловлено большим разнообразием и доступностью других видов развлечений. Вместе с тем средняя выручка в крупных городах больше на 20% за счет общего количества посетителей.

Помимо численности населенного пункта на общее количество посещений за один день влияют:

- 1) дни недели (будние и выходные) и праздничные мероприятия (региональные или республиканские);
- 2) погодные условия (в дождливую погоду посетителей меньше);
- 3) эффект насыщения (после определенного количества посещений у постоянных клиентов может пропадать интерес к аттракциону).

Таким образом, планирование стратегии работы на сезон предполагает формирование маршрута передвижения 5D-аттракциона и определение времени пребывания в каждом населенном пункте. Так как для переезда и организации работы требуется согласование с местными властями, то передвижение аттракциона не может быть случайным и незапланированным действием. Кроме того, время пребывания в городе должно быть экономически обоснованным.

В связи с необходимостью определения стратегий поведения на длительном временном промежутке, примем 1 неделю равной 1 временной единице и, в оценке предполагаемой выручки, будем опираться на ее значение за одну неделю. В результате мы получаем задачу для разработки стратегий, когда время пребывания в одном населенном пункте будет измеряться в неделях, причем затраты на демонтаж, переезд и установку 5D-аттракциона будут учтены при расчетах элементов платежной матрицы в каждой первой неделе пребывания в новом населенном пункте.

Рассмотрим, для примера, построение таких маршрутов на территории Брестской области. Для оценки перспектив наполняемости аттрак-

циона в начале года был составлен перечень праздничных мероприятий в выбранном регионе, табл. 1.

Таблица 1

**Перечень праздничных мероприятий на территории Брестской области**

Город	Код	Дата праздника “День города”	Дата проведения иных мероприятий	Название праздничного мероприятия
Все города	–		9 мая	День Победы
Барановичи	Б1	19 мая	–	–
Береза	Б2	15 июля	–	–
Брест	Б3	28 июля	–	–
			4 апреля	Юбилейный концерт симфонического оркестра
			22 июня	День всенародной памяти жертв Великой Отечественной войны
			25 июня	Полумарафон
Ганцевичи	Г	6 декабря	-	-
Дрогичин	Д	17 июля	-	-
Жабинка	Ж	22 июля	-	-
Иваново	И1	5 августа	-	-
Ивацевичи	И2	28 мая	-	-
Каменец	К1	22 июля	24 сентября	Велопобег
Кобрин	К2	15 июля	-	-
			25 июля	Открытый региональный марафон молодежного творчества «МОЛОДЕЖЬ.ВУ»
Лунинец	Л1	10 июля	-	-
Ляховичи	Л2	2 июля	-	-
Малорита	М	7 октября	22 октября	Фестиваль “Суквецце культур”
Пинск	П1	30 сентября	11 июня	Фестиваль “Фальварак минулага”
Пружаны	П2	17 июля	-	-
Столин	С	3 июля	-	-

Составлено по: [3].

Для учета влияния погодных условий при расчете элементов платежной матрицы использованы поправочные коэффициенты  $K_n$ , табл.2.

Таблица 2

**Значения поправочных коэффициентов погодных условий**

Погодные условия	$K_n$
Ясная, комфортная погода	1
Переменная облачность, без дождя	0,9
Ясная погода с высокой температурой	0,8
Пасмурно, дождь	0,3

Помимо того, исходя из прогноза на лето, разработаны сценарии состояний природы, которые включают в себя предположения о погодных условиях.

Эффект насыщения зрителей отражен путем введения величины шага насыщения  $h_-$  (%) и представляет собой величину уменьшения выручки для каждой последующей недели пребывания аттракциона в городе, начиная со второй; если же праздничные мероприятия выпадают не на первую неделю пребывания в городе, то для этой недели планируем показатель выручки, равный первой неделе пребывания в городе, для первой недели – используем коэффициент повышенного спроса  $h_+$  (%).

Выручка первой недели пребывания аттракциона для каждого населенного пункта планируется индивидуально, исходя из статистической информации за предыдущие годы, количества жителей, установленной цены билета. В табл. 3 представлены 5 разработанных стратегий организации работы 5D-аттракционов на сезон (маршруты с указанием количества недель пребывания в каждом из посещаемых городов).

Приведем характеристики предложенных стратегий формирования маршрута и организации работы 5D-аттракциона:

$L_1$  – маршрут построен по критерию минимизации расстояния между городами с учетом проведения в городах праздничных мероприятий;

$L_2$  – маршрут построен исходя из анализа статистической базы спроса на услуги аттракциона за прошлые годы;

$L_3$  – маршрут построен по критерию минимизации расстояния между городами;

$L_4$  – маршрут ориентирован на совпадение первой недели работы и дней проведения праздничных мероприятий;

$L_5$  – маршрут ориентирован на максимальный учет проводимых праздничных мероприятий.

Таблица 3

## Стратегии формирования маршрутов и организации работы аттракциона

Стратегия	Город/количество недель пребывания								
	L <sub>1</sub>	С/4	Б1/4	И2/2	П1/4	К2/4	И1/3	Б2/3	К1/2
L <sub>2</sub>	Б1/3	Б2/4	Г/3	Ж/3	С/4	Б3/5	К2/3	Л1/3	–
L <sub>3</sub>	Б1/4	Л2/2	Г/3	П1/5	Д/3	М/3	Б3/5	Л1/3	–
L <sub>4</sub>	К2/4	Б1/4	П1/4	Б3/5	И1/3	С/4	К1/2	М/2	–
L <sub>5</sub>	Б3/5	Б1/4	П1/4	Л2/2	Ж/3	И1/3	М/3	К1/2	П2/2

При расчете элементов платежной матрицы  $h_{ij}$  ( $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ) использована формула

$$h_{ij} = \sum_{t=1}^T P(k \in K_i) \cdot (1 \pm h_{\pm}(k \in K_i, t - t_k)) \cdot K_n(t, j),$$

где  $t$  – номер недели,  $T$  – плановое количество недель в сезоне,  $K_i$  – множество городов, входящих в маршрут по стратегии  $L_i$ ,  $k$  – город из множества  $K_i$ ,  $P(k \in K_i)$  – планируемая выручка для первой недели работы аттракциона в городе  $k$ ,  $(1 \pm h_{\pm}(k \in K_i, t - t_k))$  – множитель, учитывающий насыщение или повышенный спрос, в зависимости от сложившейся ситуации,  $t_k$  – номер недели начала работы аттракциона в городе,  $K_n(t, j)$  – поправочный коэффициент учета влияния погодных условий, зависит от недели и выбранного состояния.

Платежная матрица игры была построена для разработанных выше стратегий, с учетом четырех предполагаемых состояний погодных условий  $C_j$  (предположения основывались на анализе погодных состояний на протяжении последних 5 лет и метеорологических прогнозов текущего года, прогноз был сделан понедельно), планируемое значение выручки было рассчитано исходя из первичной стоимости билета в 4 руб, шаг насыщения – 20%; коэффициент повышенного спроса – 25 %, табл. 4.

Заметим, что построенная платежная матрица не содержит доминируемых стратегий ЛПР.

Таблица 4

## Платежная матрица игры

Стратегии\Сценарии	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
L <sub>1</sub>	43721,6	52482,99	50133,15	47713,74
L <sub>2</sub>	46195,6	51940,63	49250,26	47586,6
L <sub>3</sub>	43935,59	52418,69	49728,31	43543,99
L <sub>4</sub>	43662,69	54330,25	51938,1	45039,34
L <sub>5</sub>	43497,46	50717,42	48310,53	45173,8

Для определения оптимальной стратегии можно привлечь разработанные методы решения статистических игр в условиях полной и частичной неопределенности. Примеры моделирования различных экономических процессов и ситуаций, а также обоснования выбора оптимальных стратегий представлены в ряде работ [2, 4, 5].

Таким образом, игровое моделирование позволяет разработать рациональные стратегии поведения ЛПР, которые ориентированы на многовариантность поведения внешней среды и влияние всех значимых факторов. Результаты моделирования дают обоснование выбора оптимального решения и оценку экономического эффекта.

## Библиографические ссылки

1. Розен В.В. Математические модели принятия решений в экономике. Учебное пособие. М.: Книжный дом «Университет», Высшая школа, 2002. 288 с.
2. Капусто А.В. Игровое моделирование в задачах принятия решений // Тенденции экономического развития в XXI веке: материалы IV Междунар. науч. конф., Минск, 1 марта 2022 г., Белорус. гос. ун-т – Минск: БГУ, 2022, С. 178 – 180.
3. Сайт ГУК «Брестский областной общественно-культурный центр»: [Электронный ресурс]. URL: <https://okcbrest.by/> (дата обращения: 15.03.2024).
4. Капусто А.В., Костюкова С.Н. Финансовое планирование деятельности подрядчика строительной организации в условиях неопределенности // Новая экономика. – 2021. – № 3. Спецвыпуск. С.61 – 66.
5. Савченко И.В., Капусто А.В. Применение статистических игр для определения оптимальной депозитно-кредитной стратегии коммерческого банка в условиях макроэкономической неопределенности // Основные тенденции экономического развития Республики Беларусь : материалы IV Науч.-практ. круглого стола, Минск, 15 апр. 2022 г. – Минск : БГУ, 2022, С. 120 – 125.[Электронный ресурс]. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/285738> (дата обращения: 19.02.2024).