9. Уровень применения BIM-технологий в России. Отчет об исследовании. 2019. – Режим доступа: http://concurator.ru/information/bim_report_2019/, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
10. Уровень применения BIM-технологий в России. Отчет об исследовании. 2017. – Режим доступа: http://concurator.ru/information/bim_report/, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
11. Статус адаптации BIM в Европе. 2019. – Режим доступа: http://armo-group.ru/blog/status-adaptaczii-bim-v-evrope/, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
12. Как BIM-технологии меняют строительную отрасль. 2020. – Режим доступа: https://sber.pro/publication/kak-bim-tekhnologii-meniaiut-stroitelnuiu-otrasl-ekonomiat-vremia-i-dengi, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
13. Тохтуев А. А. Применение BIM-технологий в практике отдела продаж застройщика / А. А. Тохтуев, А. Б. Сальников, С. В. Придвижин // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. – 2022. – С. 191–197.
14. Логвинова М. В. Автоматизация валидации информационной модели в пк Autodesk revit в соответствии со стандартом компании. Новые технологии управления и стандартизации в строительной отросли / М. В. Логвинова, М. А. Шаламов // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2022. – С. 39–46.
15. Андрианова Л. С. Сравнительный анализ систем автоматизированного проектирования AutoCad и NanoCad / Л. С. Андрианова, С. А. Белоусов // Информационные технологии в экономике и управлении. – 2016. – С. 95–97.
16. Кожникова В. А. Сравнение AutoCad и NanoCad с точки зрения пользователя / В. А. Кожникова // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и трансферной безопасности. – 2018. – С. 324–325.
17. Абдушукуров Ф. А. У. Сравнение программ трёхмерной графики 3Ds Max и Blander / Ф. А. У. Абдушукуров, И. Н. Голицына // Интернаука. – 2020. – № 19–1 (148). – С. 23–26.
18. Ахромеева А. А. Программа Twinmotion как инструмент архитектурной визуализации для реализации проекта / А. А. Ахромеева, В. Д. Чеснокова, О. Г. Чеснокова // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса. – 2021. – С. 151–158.
19. Выжигин Д. ОБыстрая визуализация изображения и видеороликов в Lumion 3D / Д. О. Выжигин, О. Л. Стаселько, И. Л. Полянская // Информационные и графические технологии в профессиональной и научной деятельности. – 2019. – С. 116–119.

ссылка для цитирования:
Горовой Н. В. Анализ проблематики программного обеспечения в сфере архитектурного проектирования // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 1 (43). С. 90–94.

УДК 519.83
DOI 10.52684/2312-3702-2023-43-1-94-98

СМЕШАННЫЕ СТРАТЕГИИ В ИГРАХ С КЛЕТОЧНЫМИ МАТРИЦАМИ

К. Д. Яксубаев, И. В. Аксютина

Яксубаев Камиль Джекишович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и моделирования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: + 7 (961) 054-22-86; e-mail: yak-kamil@yandex.ru;
Аксютина Ирина Владимировна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и моделирования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел. +7 (905) 362-62-81; e-mail: aksyutina@mail.ru

Одним из создателей матричной теории игр является Д. Нэш. За работы по теории игр он получил Нобелевскую премию. Не секрет, что рыночные общественные системы регулярно подвергаются действию опустошительных мировых кризисов. Прогрессивным деятелем той эпохи показалось, что теория игр поможет победить мировые кризисы. Но чуда не произошло. Теория игр Нэша зашла в тупик. И главная причина в том, что теория матричных игр Нэша основана на одной матрице. Мировая экономика – это сложная многоуровневая система. Описать ее одной матрицей невозможно. Выход из тупика был предложен авторами, и он заключается в переходе к играм с клеточными матрицами. В настоящей работе показано, что игры с клеточными матрицами являются новым типом игр. И что игры с клеточными матрицами невозможно свести к играм с одной матрицей.
Ключевые слова: *матричные игры,* клеточные *матрицы, смешанные стратегии.*

MIXED STRATEGIES IN CELL MATRIX GAMES

K. D. Yaksubayev, I. V. Aksyutina

Yaksubayev Kamil Dzhekishovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer-aided Design and Modeling Systems, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7 (961) 054-22-86; e-mail: yak-kamil@yandex.ru;

Aksyutina Irina Vladimirovna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer-aided Design and Modeling Systems, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: +7 (905) 362-62-81; e-mail: aksyutina@mail.ru

One of the creators of matrix game theory is D. Nash. He received the Nobel Prize for his work on game theory. It is no secret that market social systems are regularly exposed to devastating global crises. Progressive figures of that era thought that game theory would help to overcome world crises. But the miracle did not happen. Nash's game theory has reached a dead end. And the main reason is that Nash's theory of matrix games is based on a single matrix. The world economy is a complex multi-level system. It is impossible to describe it with a single matrix. A way out of the impasse was proposed by the authors. And it consists in the transition to games with cellular matrices. In this paper, it is shown that games with cellular matrices are a new type of games. And that games with cellular matrices cannot be reduced to games with a single matrix.

Keywords*: matrix games, cellular matrices, mixed strategies.*

Клеточные матрицы могут иметь разную глубину вложения матриц-клеток. Чем больше глубина вложения, тем сложнее становятся расчеты.

Цель работы – показать, что игры с клеточными матрицами являются новым типом матричных игр, не сводящиеся к матричным играм Нэша.

Актуальность работы

Матричные игры Д. Нэша [3–8], основанные на одной матрице не нашли себе практического применения. Одна матрица не может адекватно отразить свойства сложной мировой экономики.

Выход из тупика предложен авторами. Он заключается в переходе к играм со структурированными клеточными матрицами [2].

Методы исследования

При расчете смешанных стратегий в игре с клеточными матрицами использовались достижения теории линейного программирования и теория матриц [1].

Новизна работы

Теория игр с клеточными матрицами создана и развивается авторами статьи».

Рассматривается игра с клеточной матрицей имеющей глубину вложения два. Приведем ее:

$$Z = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 45 & 95 & 12 \\ 87 & 15 & 94 \\ 54 & 85 & 21 \\ 25 & 74 & 20 \\ 64 & 80 & 76 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 62 & 40 & 92 \\ 97 & 30 & 3 \\ 98 & 6 & 63 \\ 6 & 60 & 11 \\ 42 & 34 & 60 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} 95 & 40 & 50 \\ 63 & 76 & 9 \\ 42 & 69 & 19 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 3 & 82 & 61 \\ 97 & 90 & 28 \\ 8 & 71 & 61 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

Описание игры.

1. Игроки. Играют два игрока: игрок X и игрок Y. Игрок X считается первым игроком, а игрок Y вторым игроком.

2. Цели игроков: «Игрок X всегда играет на максимум, а игрок Y всегда играет на минимум».

3. Платежная матрица. Платежная матрица является выгрышной матрицей первого игрока. Цель первого игрока как можно больше выиграть. И одновременно платежная матрица является проигрышной матрицей второго игрока.

4. Стратегии. Первый игрок выбирает строки. Второй игрок выбирает столбцы. В смешанной игре выбор строк и столбцов игроками производится случайным образом.

5. Нумерация матриц и их элементов.

5.1. Нумерация матриц-клеток. Матрицы клетки нумеруются следующим образом:

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{1,1} & Z_{1,2} \\ Z_{2,1} & Z_{2,2} \end{pmatrix}$$

$$Z_{1,1} = \begin{pmatrix} 45 & 95 & 12 \\ 87 & 15 & 94 \\ 54 & 85 & 21 \\ 25 & 74 & 20 \\ 64 & 80 & 76 \end{pmatrix}; \quad Z_{1,2} = \begin{pmatrix} 62 & 40 & 92 \\ 97 & 30 & 3 \\ 98 & 6 & 63 \\ 6 & 60 & 11 \\ 42 & 34 & 60 \end{pmatrix};$$

$$Z_{2,1} = \begin{pmatrix} 95 & 40 & 50 \\ 63 & 76 & 9 \\ 42 & 69 & 19 \end{pmatrix}; \quad Z_{2,2} = \begin{pmatrix} 3 & 82 & 61 \\ 97 & 90 & 28 \\ 8 & 71 & 61 \end{pmatrix}.$$

5.2. Нумерация элементов матриц-клеток. Нумерация элементов матрицы-клетки покажем на примере матрицы-клетки $Z_{2,1}$:

$$Z_{2,1} = \begin{pmatrix} (Z_{2,1})_{1,1} & (Z_{2,1})_{1,2} & (Z_{2,1})_{1,3} \\ (Z_{2,1})_{2,1} & (Z_{2,1})_{2,2} & (Z_{2,1})_{2,3} \\ (Z_{2,1})_{3,1} & (Z_{2,1})_{3,2} & (Z_{2,1})_{3,3} \end{pmatrix}$$

6. Ходы. Ходы состоят из ходов игры и ходов игроков. То есть ход игры и ход игрока это разные понятия. Один ход игры состоит из двух ходов игроков.

7. Продолжительность игры. Игра длится два хода игры.

8. Порядок ходов. Игроки в смешанной игре ходят одновременно, то есть они одновременно бросают кости и выбирают стратегии случайным образом.

9. Процесс игры. На первом ходу игроки случайным образом выбирают строку и столбец из матриц клеток:

x_1, x_2 — вероятности выбора первым игроком первой (второй) строки клеточной матрицы;

y_1, y_2 — вероятности выбора вторым игроком первого(второго) столбца клеточной матрицы.

После первого хода игры выпадает некоторая матрица-клетка. Пусть это будет матрица-клетка $Z_{2,2}$. На втором ходу игра продолжается на матрице-клетке $Z_{2,2}$. Игроки выбирают случайным образом строку и столбец матрицы-клетки $Z_{2,2}$. В результате выпадает элемент платежной матрицы. Цена игры определена. Игра закончена.

Вероятности выбора строк и столбцов обеими игроками таковы:

$x22_1, x22_2, x22_3$ – вероятности выбора первым игроком строк матрицы $Z_{2,2}$;

$y22_1, y22_2, y22_3$ – вероятности выбора вторым игроком столбцов матрицы $Z_{2,2}$.

Полная цена игры находится по следующим формулам:

$$\left|\begin{array}{l} V = (x_1 \quad x_2)\begin{pmatrix} V_{1,1} & V_{1,2} \\ V_{2,1} & V_{2,2}\end{pmatrix}\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2\end{pmatrix}; \\ V_{1,1} = (x11_1 \quad x11_2 \quad x11_3 \quad x11_4 \quad x11_5) Z_{1,1}\begin{pmatrix} y11_1 \\ y11_2 \\ y11_3\end{pmatrix} \\ V_{1,2} = (x12_1 \quad x12_2 \quad x12_3 \quad x12_4 \quad x12_5) Z_{1,2}\begin{pmatrix} y12_1 \\ y12_2 \\ y12_3\end{pmatrix} \\ V_{2,1} = (x21_1 \quad x21_2 \quad x21_3) Z_{2,1}\begin{pmatrix} y21_1 \\ y21_2 \\ y21_3\end{pmatrix} \\ V_{2,2} = (x22_1 \quad x22_2 \quad x22_3) Z_{2,2}\begin{pmatrix} y22_1 \\ y22_2 \\ y22_3\end{pmatrix} \end{array}\right.$$

Расчет игры в смешанных стратегиях производится снизу вверх. Сначала находятся смешанные стратегии и цена игры на матрицах-клетках. Затем составляется фактор матрицы из полученных цен. И игра продолжается на фактор-матрице.

Расчет игры с матрицей $Z_{1,1}$ в смешанных стратегиях

Нахождение цены игры и оптимальной смешанной стратегии первого игрока:

$$\left|\begin{array}{l} x := (1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad F11(x,v) := v \\ \qquad\qquad \text{Given} \\ x \geq 0 \quad x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1 \\ Z_{1,1}^T x \geq \begin{pmatrix} v \\ v \\ v\end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x11 \\ V_{1,1}\end{pmatrix} = Maximize(F11, x, v) = \begin{pmatrix}\begin{pmatrix} 0 \\ 0.182 \\ 0 \\ 0 \\ 0.818\end{pmatrix} \\ 68.182\end{pmatrix} \end{array}\right.$$

Нахождение оптимальной смешанной стратегии второго игрока:

$$\left|\begin{array}{l} y := (1 \quad 1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad G11(y,v) := v \\ \qquad\qquad \text{Given} \\ y \geq 0 \quad y_1 + y_2 + y_3 = 1 \\ Z_{1,1}^T y \leq \begin{pmatrix} v \\ v \\ v \\ v \\ v\end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} y11 \\ V_{1,1}\end{pmatrix} = Minimize(G11, y, v) = \begin{pmatrix}\begin{pmatrix} 0.739 \\ 0.261 \\ 0\end{pmatrix} \\ 68.182\end{pmatrix} \end{array}\right.$$

Вычислим цену игры по формуле полной цены игры:

$$W_{1,1} = x11 \cdot Z_{1,1} \cdot y11 = 68.182.$$

Расчет игры с матрицей $Z_{1,2}$ в смешанных стратегиях

Нахождение оптимальной смешанной стратегии первого игрока:

$$\left|\begin{array}{l} x := (1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad F12(x,v) := v \\ \qquad\qquad \text{Given} \\ x \geq 0 \quad x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1 \\ Z_{1,2}^T x \geq \begin{pmatrix} v \\ v \\ v\end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x12 \\ V_{1,2}\end{pmatrix} = Maximize(F12, x, v) = \begin{pmatrix}\begin{pmatrix} 0.449 \\ 0.164 \\ 0 \\ 0.387 \\ 0\end{pmatrix} \\ 46.092\end{pmatrix} \end{array}\right.$$

Нахождение оптимальной смешанной стратегии второго игрока:

$$\left|\begin{array}{l} y := (1 \quad 1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad G12(y,v) := v \\ \qquad\qquad \text{Given} \\ y \geq 0 \quad y_1 + y_2 + y_3 = 1 \\ Z_{1,2}^T y \leq \begin{pmatrix} v \\ v \\ v \\ v \\ v\end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} y12 \\ V_{1,2}\end{pmatrix} = Minimize(G12, y, v) = \begin{pmatrix}\begin{pmatrix} 0.246 \\ 0.741 \\ 0.013\end{pmatrix} \\ 46.092\end{pmatrix} \end{array}\right.$$

Расчет игры с матрицей $Z_{2,1}$ в смешанных стратегиях

Нахождение оптимальной смешанной стратегии первого игрока:

$$\left|\begin{array}{l} x := (1 \quad 1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad F21(x,v) := v \\ \qquad\qquad \text{Given} \\ x \geq 0 \quad x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ Z_{2,1}^T x \geq \begin{pmatrix} v \\ v \\ v\end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x21 \\ V_{2,1}\end{pmatrix} = Maximize(F21, x, v) = \begin{pmatrix}\begin{pmatrix} 0.833 \\ 0 \\ 0.167\end{pmatrix} \\ 44.833\end{pmatrix} \end{array}\right.$$

Нахождение оптимальной смешанной стратегии второго игрока:

$$\left|\begin{array}{l} y := (1 \quad 1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad G21(y,v) := v \\ \qquad\qquad \text{Given} \\ y \geq 0 \quad y_1 + y_2 + y_3 = 1 \\ Z_{2,1}^T y \leq \begin{pmatrix} v \\ v \\ v\end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} y21 \\ V_{2,1}\end{pmatrix} = Minimize(G21, y, v) = \begin{pmatrix}\begin{pmatrix} 0 \\ 0.517 \\ 0.483\end{pmatrix} \\ 44.833\end{pmatrix} \end{array}\right.$$

Расчет игры с матрицей $Z_{2,2}$ в смешанных стратегиях

Нахождение оптимальной смешанной стратегии первого игрока:

$$\left|\begin{array}{l} x := (1 \quad 1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad F22(x,v) := v \\ \qquad\qquad \text{Given} \\ x \geq 0 \quad x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ Z_{2,2}^T x \geq \begin{pmatrix} v \\ v \\ v\end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x22 \\ V_{2,2}\end{pmatrix} = Maximize(F22, x, v) = \begin{pmatrix}\begin{pmatrix} 0 \\ 0.434 \\ 0.566\end{pmatrix} \\ 46.664\end{pmatrix} \end{array}\right.$$

Нахождение оптимальной смешанной стратегии второго игрока:

$$\left|\begin{array}{l} y := (1 \quad 1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad G22(y,v) := v \\ \qquad\qquad \text{Given} \\ y \geq 0 \quad y_1 + y_2 + y_3 = 1 \\ Z_{2,2}^T y \leq \begin{pmatrix} v \\ v \\ v\end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} y22 \\ V_{2,2}\end{pmatrix} = Minimize(G22, y, v) = \begin{pmatrix}\begin{pmatrix} 0.27 \\ 0 \\ 0.73\end{pmatrix} \\ 46.664\end{pmatrix} \end{array}\right.$$

Игра в смешанных стратегиях на фактор-матрице.

Из полученных цен игр составим фактор-матрицу. Получим:

$$Z_V = \begin{pmatrix} V_{1,1} & V_{1,2} \\ V_{2,1} & V_{2,2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 68.182 & 46.092 \\ 44.833 & 46.664 \end{pmatrix}$$

Расчет игры с фактор-матрицей Z_V в смешанных стратегиях

Нахождение оптимальной смешанной стратегии первого игрока:

$$x := (1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad F1(x,v) := v$$
Given
$$x \geq 0 \quad x_1 + x_2 = 1$$
$$Z_V^T x \geq \begin{pmatrix} v \\ v \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x1 \\ V1 \end{pmatrix} = Maximize(F1, x, v) = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.077 \\ 0.923 \end{pmatrix} \\ 46.62 \end{pmatrix}$$

Нахождение оптимальной смешанной стратегии второго игрока:

$$y := (1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad G1(y,v) := v$$
Given
$$y \geq 0 \quad y_1 + y_2 = 1$$
$$Z_V^T y \leq \begin{pmatrix} v \\ v \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} y1 \\ V1 \end{pmatrix} = Minimize(G1, y, v) = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.024 \\ 0.962 \end{pmatrix} \\ 46.62 \end{pmatrix}$$

Полный расчет в смешанных стратегиях игры с двухэтажной клеточной матрицей завершен. Цена игры и оптимальные стратегии обоих игроков найдены.

Игра в смешанных стратегиях с родительской матрицей, породивших заданную клеточную матрицу.

Объединим теперь все клеточные матрицы в одну большую родительскую не клеточную матрицу. Получим:

$$\begin{cases} R1 = augment(Z_{1,1}, Z_{1,2}) \\ R2 = augment(Z_{2,1}, Z_{2,2}) \\ R = stack(R1, R2) \end{cases} \quad R = \begin{pmatrix} 45 & 95 & 12 & 62 & 40 & 92 \\ 87 & 15 & 94 & 97 & 30 & 3 \\ 54 & 85 & 21 & 98 & 6 & 63 \\ 25 & 74 & 20 & 6 & 60 & 11 \\ 64 & 80 & 76 & 42 & 34 & 60 \\ 95 & 40 & 50 & 3 & 82 & 61 \\ 63 & 76 & 9 & 97 & 90 & 28 \\ 42 & 69 & 19 & 8 & 71 & 61 \end{pmatrix}$$

Нахождение оптимальной смешанной стратегии первого игрока:

$$x := (1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad F0(x,v) := v$$
Given
$$x \geq 0 \quad x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 = 1$$
$$R^T x \geq \begin{pmatrix} v \\ v \\ v \\ v \\ v \\ v \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x0 \\ V0 \end{pmatrix} = Maximize(F22, x, v) = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.046 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.6 \\ 0.096 \\ 0.257 \\ 0 \end{pmatrix} \\ 53.319 \end{pmatrix}$$

Нахождение оптимальной смешанной стратегии второго игрока:

$$y := (1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1)^T \quad v := 1 \quad G0(x,v) := v$$
Given
$$x \geq 0 \quad x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 = 1$$
$$Ry \leq \begin{pmatrix} v \\ v \\ v \\ v \\ v \\ v \\ v \\ v \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y0 \\ V0 \end{pmatrix} = Minimize(G0, y, v) = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.236 \\ 0.187 \\ 0.273 \\ 0.304 \end{pmatrix} \\ 53.319 \end{pmatrix}$$

Вычислим цену игры по формуле полной цены игры:

$$W0 = x0 \cdot Z_V \cdot y0 = 53.319.$$

Цена игры с клеточной матрицей равна:

$$V1 = 46.62.$$

Цена игры с ее родительской не клеточной матрицей равна:

$$V0 = 53.319.$$

Мы видим, что цены этих двух игр не совпали. Оптимальные смешанные стратегии в обеих этих играх тоже оказались различными и несводимыми друг к другу.

Вывод

Игры с клеточными матрицами являются новым видом матричных игр. Их невозможно свести к играм с одной матрицей. Они могут существенно расширить область применения теории игр. Например, их можно будет использовать в теории рисков [9] и в теории экспертных оценок [10].

Список литературы

1. Кострикин А. И. Введение в алгебру / А. И. Кострикин. – МЦНМО,2018. – 273 с.
2. Яксубаев К. Д. Теория игр с клеточными матрицами : учебное пособие / К. Д. Яксубаев. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2019. – 93 c. – ISBN 978-5-93026-079-3.
3. Никитин Б.Е. Теория игр, эконометрика: модели, алгоритмы, компьютерная реализация : учебное пособие / Никитин Б.Е., Ивлиев М.Н.. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2019. — 92 c. — ISBN 978-5-00032-433-2.
4. Лубенец Ю.В. Теория игр: учебное пособие / Лубенец Ю.В.. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 80 c. — ISBN 978-5-88247-908-3.
5. Федорова М.А. Теория игр: учебно-методическое пособие / Федорова М.А.. — Москва : Дело, 2018. — 122 c. – ISBN 978-5-7749-1320-6.
6. Гончарь П.С. Теория игр : учебное пособие / Гончарь П.С., Гончарь Л.Э., Завалищин Д.С.. — Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2018. — 125 c. — ISBN 978-5-94614-444-5.
7. Аркашов Н.С. Теория игр с элементами линейного программирования : учебное пособие / Аркашов Н.С., Ковалевский А.П.. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 98 c. — ISBN 978-5-7782-2966-2.
8. Гуц А.К. Теория игр и защита компьютерных систем : учебное пособие / Гуц А.К., Вахний Т.В.. — Омск : Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2013. — 160 c. — ISBN 978-5-7779-1655-6.

9. Шуршева В.Ф., Кудрявцева О.В., Шукуров И.И. Оценка и управление рисками банкротства. Инженерно-строительный вестник Прикаспия. — Астрахань, АГАСУ, №3(41), 2022, с.109-113.
10. Гостюнина В.А., Давидюк Н.В., Гостюнин Ю.А. Способ экспертной оценки вэб-контента на основе модели репутаций. Инженерно-строительный вестник Прикаспия. — Астрахань, АГАСУ, №3(25), 2018, с.41-44.

Ссылка для цитирования:
Яксубаев К. Д., Аксютина И. В. Смешанные стратегии в играх с клеточными матрицами // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 1 (43). С. 94–98.

УДК 574, 504.056:614.841
DOI 10.52684/2312-3702-2023-43-1-98-104

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШНИЯ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ

О. М. Шикульская, М. И. Шикульский, К. В. Куликова

Шикульская Ольга Михайловна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пожарной безопасности и водопользования, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: + 7 (927) 559-14-74; e-mail: shikul@mail.ru;

Шикульский Михаил Игорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика в экономике», Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: + 7 (917) 171-31-09; e-mail: shikul_m@mail.ru;

Куликова Ксения Владимировна, студент, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: + 7 (962) 640-00-04; e-mail: ksenya.kulikova.2002@list.ru

В работе представлена статистика динамики лесных пожаров и ущерба от них, обоснована актуальность проведения НИОКР в данной области. Выбрано направление исследования – совершенствование технических средств по борьбе с ландшафтными пожарами, проанализированы недостатки применяемых методов и технических средств. Сделан вывод о целесообразности патентных исследований с целью поиска новых технических решений, не обладающих выявленными недостатками применяемых в настоящее время технических устройств. На основе патентного анализа отобрано множество альтернатив решения проблемы, которое было сужено до четырех изобретений посредством отсечения решений, явно не удовлетворяющих требованиям. Обоснована целесообразность применения методыов поддержки принятия управленческих решений для углубленного анализа отобранных на первом этапе альтернатив. Авторами предложена иерархическая система критериев выбора альтернатив технических устройств для тушения лесных пожаров. На основе применения оценочной функции отобрано наиболее эффективное техническое решение, отвечающее выдвинутым требованиям.

Ключевые слова: *лесной пожар, техническое устройство, патентный поиск, поддержка принятия управленческих решений, интегральный критерий, оценочная функция.*

OPTIMAL TECHNICAL SOLUTION SELECTION FOR FOREST FIRES EXTINGUISHING ON THE INTEGRAL CRITERION BASIS

O. M. Shikulskaya, M. I. Shikulskiy, K. V. Kulikova

Shikulskaya Olga Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Fire Safety and Water Use, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: + 7 (927) 559-14-74; e-mail: shikul@mail.ru;

Shikulskiy Mikhail Igoryevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics in Economics, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation, phone: + 7 (917) 171-31-09; e-mail: shikul_m@mail.ru;

Kulikova Kseniya Vlazdimirovna, student, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, phone: + 7 (962) 640-00-04; e-mail: ksenya.kulikova.2002@list.ru

The work presents statistics on the dynamics of forest fires and damage from them, justifies the relevance of R&D in this area. The research direction was chosen - improvement of technical means for combating landscape fires, the shortcomings of the methods and technical means used were analyzed. It was concluded that patent research is advisable in order to find new technical solutions that do not have the identified shortcomings of the currently used technical devices. On the basis of patent analysis, many alternatives to solving the problem have been selected, which has been narrowed to four inventions by cutting off solutions that clearly do not meet the requirements. The feasibility of