

Оригинальная статья / Original article

УДК 519.816

<https://doi.org/10.21869/2223-1560-2024-28-4-57-66>



Когнитивные технологии в принятии управленческих решений

С. П. Серегин¹, А. Р. Федорова¹, Ю. А. Халин¹ ✉, А. И. Катыхин¹

¹ Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Резюме

Цель исследования. Повышение эффективности и достоверности принимаемых управленческих решений, на основе комплексного анализа исследуемой предметной области и разработки формальной модели ситуации, описывающей процесс принятия решений и включающей в себя когнитивные технологии.

Методы. В статье проведен анализ понятия «решение», показан кибернетический подход к процессу принятия управленческого решения. В результате проведенного анализа выявлено, что во многих предметных областях (особенно общественных и других науках, занимающихся исследованием человеческого поведения) возникают затруднения в формальном описании процессов принятия решений. В работе предлагается подход к разработке управленческих решений, основанный на применении когнитивных технологий, представляющих в настоящее время быстро развивающуюся отрасль современной науки. Одним из элементов когнитивных технологий, используемых в работе, являются когнитивные карты.

Результаты. В работе рассмотрены три классические ситуации принятия решения (в условиях определенности, риска и неопределённости), две последние из которых обусловлены неполнотой информации об описываемом объекте и его внешней среде. Для формализации процессов принятия управленческих решений предлагается использовать когнитивные технологии, в частности предложен один из вариантов построения нечёткой когнитивной карты принятия управленческого решения, позволяющей выявлять устойчивые и неустойчивые тенденции развития, возникающих ситуаций, а также проводить факторный анализ эффективности принимаемых управленческих решений.

Заключение. В результате исследования было показано, что использование когнитивных технологий является адекватным инструментарием при принятии управленческих решений. Показана целесообразность построения нечётких когнитивных карт при формировании управленческого решения, что обеспечит повышение их качества и эффективности.

Ключевые слова: принятие решений; управление; когнитивные технологии; нечёткая когнитивная карта; эффективность.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Когнитивные технологии в принятии управленческих решений / С.П. Серегин, А.Р. Федорова, Ю.А. Халин, А.И. Катыхин // Известия Юго-Западного государственного университета. 2024; 28(4): 57-66. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2024-28-4-57-66>.

Поступила в редакцию 12.09.2024

Подписана в печать 24.10.2024

Опубликована 10.12.2024

Cognitive technologies in management decision-making

Stanislav P. Seregin ¹, Anastasia R. Fedorova ¹, Yuri A. Khalin ¹ ✉,
Aleksandr I. Katykhin ¹

¹ Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Abstract

Purpose of research. Improving the effectiveness and reliability of management decisions based on a comprehensive analysis of the subject area under study and the development of a formal model of the situation describing the decision-making process and including cognitive technologies.

Methods. The article analyzes the concept of "decision", shows a cybernetic approach to the process of making a managerial decision. As a result of the analysis, it was revealed that in many subject areas (especially social and other sciences engaged in the study of human behavior) difficulties arise in the formal description of decision-making processes. The paper proposes an approach to the development of management decisions based on the use of cognitive technologies, which currently represent a rapidly developing branch of modern science. One of the elements of cognitive technologies used in the work is cognitive maps.

Results. The paper considers three classic decision-making situations (under conditions of certainty, risk and uncertainty), the last two of which are due to incomplete information about the described object and its external environment. To formalize the processes of managerial decision-making, it is proposed to use cognitive technologies, in particular, one of the options for constructing a fuzzy cognitive map of managerial decision-making is proposed, which allows identifying stable and unstable development trends, emerging situations, as well as conducting a factor analysis of the effectiveness of managerial decisions.

Conclusion. As a result of the study, it was shown that the use of cognitive technologies is an adequate tool for making managerial decisions. The expediency of constructing fuzzy cognitive maps in the formation of a management decision is shown, which will ensure an increase in their quality and effectiveness.

Keywords: decision-making; management; cognitive technologies; fuzzy cognitive map; efficiency.

Conflict of interest. The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Seregin S. P., Fedorov A. R., Khalin Y. A., Katykhin A. I. Cognitive technologies in management decision-making. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* = *Proceedings of the Southwest State University*. 2024; 28(4): 57-66 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2024-28-4-57-66>.

Received 12.09.2024

Accepted 24.10.2024

Published 10.12.2024

Введение

Принятие решений является важнейшим процессом, обеспечивающим управление объектами любой природы (тех-

ническая система, экономика, социология, политология, медицина и т.п.). Понятие «решение» в зарубежной литературе имеет несколько интерпретаций [1, 2, 3, 4] (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ понятия «решение»**Table 1.** Comparative analysis of the concept of "solution"

alternative, decision	выбор возможностей / the choice of possibilities
solving, choice	поиск предпочтительного варианта
solution, resolution	получение в ходе принимаемого решения некоторого ответа
decree, order	указы. постановления, приказы и т.п.

С кибернетической точки зрения принятие решений представляет собой процесс преобразования и обработки информации, описывающей состояние объекта управления и его окружение, для достижения им целевой функции.

Применительно к нашему исследованию, под принятием решений будем понимать выбор наилучшей из множества альтернатив. Причём под альтернативами понимают не обязательно множество каких-либо объектов, а возможные варианты действий и поведения в конкретных возникших ситуациях.

Теория принятия решений как наука прошлый долгий этап развития от интуитивного выбора до сложной междисциплинарной науки. Исторически было выделено два направления развития данной науки [4, 5, 6, 7]:

- Теория оптимальных и рациональных решений.
- Психологическая теория принятия решений.

Первое направление достаточно хорошо разработано, имеет широкое применение в науке и технике. Причём оптимальные решения как правило связаны с детерминированными объектами управления, к которым чаще всего от-

носят технические системы. Фактически данные задачи представляют собой классическую оптимизацию с заданными ограничениями (задача математического программирования), которые хорошо исследованы в математике. С ростом сложности исследуемого объекта возрастает и неопределённость рассматриваемой ситуации, одной из которых является случайность. Для исследования таких задач в математике хорошо разработан аппарат теории вероятностей и математической статистики, вследствие чего появилось направление «стохастическое программирование» [2, 8, 6, 9, 7].

Помимо случайности могут возникать и другие виды неопределённости, в частности, когда нам известно распределение вероятностей состояний внешней и внутренней среды говорят о принятии решений в условиях риска, а когда данное распределение неизвестно – принятие решений в условиях неопределённости. Другим математическим аппаратом, позволяющим устранить неопределённость, является теория нечёткой логики, в основе которой лежит понятие лингвистической переменной, для которой формируется набор термов с заданными функциями принадлежности [10, 11, 12, 13].

Стоит отметить, что на практике часто возникают ситуации, когда затруднительно или вообще невозможно получить аналитическое выражение для целевой функции. В этом случае могут применяться новые интеллектуальные технологии – генетические и биоинспирированные алгоритмы.

Рациональные решения как правило характерны для общественных и других наук, объектом изучения которых является человек или какой-то другой живой организм. Одной из самых развитых таких наук является экономика с её различными приложениями, которая базируется на двух постулатах:

- безграничность потребностей человека;
- ограниченность ресурсов, необходимых для устранения потребностей.

Экономическая наука строилась на предположении о рациональном поведении людей, т.е. что человек в любой ситуации будет принимать наилучшие (оптимальные) решения [1, 2, 8, 7].

Традиционно выделялось два подхода к принятию экономических решений:

- кардиналистский (количественный), в основе которого лежит получение функций полезности для каждого индивида;
- ординалистский (порядковый), основанный на построении отношения предпочтений на множестве альтернатив.

Однако практические исследования показали, что действительно люди как правило обладают ограниченной рациональностью, а в некоторых ситуациях ве-

дут себя иррационально и оппортунистически.

Второе направление теории принятия решений появилось позже и было обусловлено объективной необходимостью изучения ситуаций, в которых человек ведёт себя не так как предсказывает первое направление. Здесь на помощь приходят психология, нейрофизиология, антропология, лингвистика и другие гуманитарные науки, объектом изучения которых является человек. Основным недостатком применения данных наук является плохое формализуемость исследуемых ситуаций и как следствие сложность применяемого математического аппарата.

Описанные выше науки вместе с философией и искусственным интеллектом формируют относительно новое междисциплинарное направление – когнитологию, занимающуюся изучением познавательных процессов и регуляции поведения человека, животного и искусственного агента [14, 11, 12, 13].

Материалы и методы

Когнитивная наука включает в себя представление знаний, информационное и когнитивное взаимодействие, информирование, мышление и восприятие [15, 10, 11, 16, 12]. При использовании когнитивных технологий выделяют особые частично определённые (недоопределённые) ситуации, обусловленные ограничением имеющейся у лица, принимающего решения, информацией. В результате применения данных технологий

возможно получение новых знаний о возникшей ситуации, скрытых закономерностей и как следствие снижение неопределённости [17, 15, 10, 18].

Применительно к процессу принятия управленческих решений когнитивные технологии позволяют:

- провести анализ предметной области, выделив основные концепты, описывающие возникшую в ходе принятия решений ситуацию;
- выявить взаимное влияние концептов друг на друга, оценив знак и степень влияния;
- оценить последствия принимаемых решений на основе прогнозных оценок развития ситуации.

Формально процесс принятия управленческих решений можно описать следующим образом:

$$\langle Sit, Z, R, P, A, S, \mathcal{E}, \mathcal{E}\phi \rangle,$$

где Sit – информационная модель ситуации, возникшей при принятии решений;

Z – аналитическое выражение целевой функции, в некоторых случаях их может быть несколько;

R – ограничения, накладываемые на принимаемые решения, связанные с имеющимися ресурсами;

F – прогнозные оценки вариантов развития ситуации;

S – формирование критерия принятия решения;

$\mathcal{E}$ – привлечение экспертных оценок (при необходимости), оценка их согласованности;

$\mathcal{E}\phi$ – оценка эффективности принятых управленческих решений.

В свою очередь, в зависимости от знания информации о состоянии внешней среды выделяют три возможные ситуации (в некоторых источниках выделяют семь состояний):

$$Sit = \{S_1; S_2; S_3\},$$

где S_1 – ситуация полной определенности (в практике принятия управленческих решений встречается очень редко);

S_2 – описывает ситуацию принятия управленческих решений в условиях риска, обусловленную появлением некоторых случайных (стохастических) факторов, о которых можно получить некоторое распределение вероятности;

S_3 – ситуация полной неопределённости, обусловленная отсутствием информации о внутренней и внешней среде (на практике в таких ситуациях обычно применяют экспертные оценки).

Для формализации описанных выше ситуаций в настоящей работе предлагается использование когнитивных технологий.

Одним из основных инструментов когнитивных технологий являются взвешенные знаковые ориентированные графы, описывающие исследуемую ситуацию [15, 10, 16, 13, 19]. Полученные структуры данных получили название когнитивные карты и нашли широкое применение в различных предметных областях.

Результаты и их обсуждение

Для процесса разработки и принятия управленческого решения построим нечёткую когнитивную карту, которая позволит проводить оценку эффектив-

ности принимаемых управленческих решений.

В качестве концептов рассматриваемой предметной области выделим следующие (табл. 2).

Таблица 2. Формирование концептов когнитивной карты

Table 2. Formation of cognitive map concepts

Концепт / Concept	Описание концепта / Description of the concept
C_1	Эффективность управленческого решения
C_2	Качество принимаемых решений
C_3	Затраты на принятие решений
C_4	Априорная (открытая) информация
C_5	Закрытая информация
C_6	Шум
C_7	Экспертные оценки

В результате получается матрица:

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0.9 & -0.5 & 0.7 & 0.8 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.8 & 0.7 \\ 0 & 0.9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0.8 & 0 & 0 & 0 & 0.7 \\ 0 & 0.8 & 0.7 & 0 & 0 & 0.7 & 0 \end{pmatrix}$$

Полученная матрица является матрицей смежности взвешенного графа, которой и представляет когнитивную карту процесса оценки эффективности управленческого решения, представленную на рис. 1.

Необходимо также отметить, что в некоторых случаях в качестве целевой функции используют показатели эффективности.

После формирования множества концептов проводится оценка степени и направления влияния одного концепта на другой.

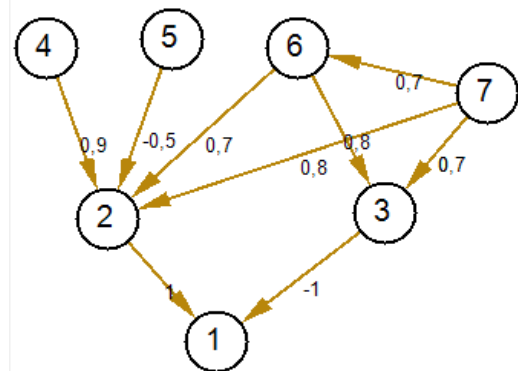


Рис. 1. Когнитивная карта процесса принятия управленческого решения

Fig. 1. Cognitive map of the management decision-making process

Однако это всегда корректно, обычно в качестве целевой функции используют некоторый результативный признак, показывающий некоторый эффект, выраженный в натуральных или стоимостных

единицах измерения. Эффективность же, в свою очередь, представляет собой относительный показатель, выражающий отношение полученного эффекта к полным затратам на принимаемое решение.

Выводы

Проведенный в настоящей работе анализ показал, что задача принятия и реализации управленческого решения имеет ряд сложностей, обусловленных недостатком информации, описывающей ситуацию принятия решения и, как правило, плохо-

формализуемостью исследуемой предметной областью. Когнитивные технологии и модели могут быть эффективным инструментальным средством, способным устранить эти сложности.

Разработанные когнитивные карты процессов принятия управленческих решений помогают формализовать возникающие ситуации, выявить устойчивые и неустойчивые тенденции, а также проводить факторный анализ эффективности принимаемых решений.

Список литературы

1. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика, 2000. 368 с. EDN WJCAWT.
2. Милых В. А., Халин Ю. А. Исследование операций и методы оптимизации. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. 244 с. EDN MJXHUE.
3. Карданская Н. Л. Управленческие решения. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 439 с. EDN RBABJB.
4. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений / пер. с польского Г.Е. Минца, В.Н. Поруса; под ред. Б.В. Бирюкова; послесл. Б.В. Бирюкова, О.К. Тихомирова. М.: Прогресс, 1979. 504 с. [с. 464-500].
5. Лисицин Л. А., Халин Ю. А., Лисицин А. Л. Системы поддержки принятия управленческих решений в условиях неполной информации // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 4-2(43). С. 95-99.
6. Сизов А. С., Халин Ю. А., Цепов А. Ю. Разработка концептуальных положений создания системы поддержки принятия решений для оценки рисков инвестирования малого инновационного бизнеса // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 1. С. 177-181. EDN RSFMBV.
7. Питер С. Фишберг. Теория полезности для принятия решений / пер. с англ. В.Н. Воробьева и А.Я. Кирути; под ред. Н.Н. Воробьева. М.: Наука, 1978. 352с.
8. Лисицин Л. А., Халин Ю. А., Ефанова Н. С. Структурно-функциональная организация системы информационной поддержки оценки конкурентоспособности // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 4-2(43). С. 103-106.
9. Саати Т.Л. Принятие решений: Метод анализа иерархий: [пер. с англ.]. М.: Радио и связь, 1993. 314 с.

10. Модели представления и обработки знаний в информационно-аналитических системах / В. П. Добрица, Е. А. Титенко, Ю. А. Халин, А. И. Катыхин. Курск, 2023. 172 с. EDN TQXWXS.
11. Какурина А.В., Сизов А.С., Халин Ю.А. Когнитивное моделирование и прогнозирование потребления электроэнергии // Известия Юго-Западного государственного университета. 2023; 27(4): 44-61. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2023-27-4-44-61>.
12. Федулов А.С. Нечеткие реляционные когнитивные карты // Известия РАН. Теория и системы управления. 2005. №1. С. 120-132.
13. Халин Ю.А., Афанасьев А.А., Кудинов В.А. Разработка онтологической модели предметной области для обработки данных корпоративных хранилищ // Известия Юго-Западного государственного университета. 2024. Т. 28, №2. С. 114-133. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2024-28-2-114-133>.
14. Когнитивное моделирование информационного обеспечения игрового автоматизированного обучения / Ю.А. Халин, А.И. Катыхин, С.А. Зинкин, А.А. Шилин // Известия Юго-Западного государственного университета. 2022; 26(4): 117-131. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-4-117-131>.
15. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика. М.: Радиотехника, 2009. 392 с.
16. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО-РЕС, 1995. 228 с.
17. Бутов А. Л., Сизов А. С., Халин Ю. А. Подход к объединению фактов в информационно-аналитических системах // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2013. Т. 11, № 2. С. 17-23.
18. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам: [пер. с англ.]. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 496 с.
19. Формализация описания неопределённости в информационных системах на основе теории нечётких множеств / С. В. Дегтярев, Ю. А. Халин, Л. А. Лисицин, В. Е. Старков // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2013. Т. 11, № 8. С. 66-69. EDN QZFZVR.

References

1. Andreychikov A.V., Andreychikova O. N. Analysis, synthesis, decision planning in economics. Moscow: Finansy i statistika; 2000. 368 p. (In Russ.). EDN WJCAWT.
2. Milykh V. A., Khalin Yu. A. Operations research and optimization methods. Kursk; 2018. 244 p. (In Russ.). EDN MJXHUE.
3. Kardanskaya N. L. Managerial decisions. Moscow: UNITY-DANA; 2012. 439 p. (In Russ.). EDN RBABJB.

4. Kozeletsky Y. Psychological theory of solutions. Moscow: Progress; 1979. 504 p. (In Russ.).
5. Lisitsin L. A., Khalin Yu. A., Lisitsin A. L. Management decision support systems in conditions of incomplete information. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2012; (4-2): 95-99. (In Russ.).
6. Sizov A. S., Khalin Yu. A., Tsepov A. Yu. Development of conceptual provisions for the creation of a decision support system for assessing the risks of investing in small innovative businesses. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computing Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2013; (1): 177-181. (In Russ.). EDN RSFMBV.
7. Fishberg Peter S. The theory of utility for decision-making. Moscow: Nauka; 1978. 352 p. (In Russ.).
8. Lisitsin L. A., Khalin Yu. A., Efanova N. S. Structural and functional organization of the information support system for competitiveness assessment. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2012; (4-2): 103-106. (In Russ.).
9. Saati T.L. Decision-making: A method for analyzing hierarchies. Moscow: Radio i svyaz'; 1993. 314 p. (In Russ.).
10. Dobritsa V. P., Titenko E. A., Khalin Yu. A., Katykhin A. I. Models of knowledge representation and processing in information and analytical systems. Kursk; 2023. 172 p. (In Russ.). EDN TQXWXS.
11. Kakurina A. V., Sizov A. S., Khalin Y. A. Cognitive Modelling and Forecasting of Electricity Consumption. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2023; 27(4): 44-61. (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2023-27-4-44-61>.
12. Fedulov A.S. Fuzzy relational cognitive maps. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Teoriya i sistemy upravleniya = Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Control theory and systems*, 2005; (1): 120-132. (In Russ.).
13. Khalin Y. A., Afanasyev A. A., Kudinov V. A. Development of an ontological model of the subject area for corporate storage data processing. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2024; 28(2): 114-133. (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2024-28-2-114-133>.
14. Khalin Y. A., Katykhin A I., Zinkin S. A., Shilin A. A. Cognitive Modeling of Information Support for Game-Based Automated Learning. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2022; 26(4): 117-131. (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-4-117-131>.
15. Vasiliev V.I., Ilyasov B.G. Intelligent control systems. Theory and practice. Moscow: Radiotekhnika; 2009. 392 p. (In Russ.).

16. Silov V.B. Strategic decision-making in a fuzzy environment. Moscow: INPRO-RES; 1995. 228 p. (In Russ.).
17. Butov A. L., Sizov A. S., Khalin Yu. A. An approach to combining facts in information and analytical systems. *Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy = Information measuring and control systems*. 2013; 11(2): 17-23. (In Russ.).
18. Roberts F.S. Discrete mathematical models with applications to social, biological and environmental problems. Moscow: Nauka. Gl. ed. phys.-mat. lit.; 1986. 496 p. (In Russ.).
19. Degtyarev S. V., Khalin Yu. A., Lisitsin L. A., Starkov V. E. Formalization of the description of uncertainty in information systems based on the theory of fuzzy sets. *Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy = Information measuring and control systems*. 2013; 11(8): 66-69. (In Russ.). EDN QZFFVR.

Информация об авторах / Information about the Authors

СерEGIN Станислав Петрович, доктор медицинских наук, профессор заведующий кафедрой биомедицинской инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: seregin.stanislaw2011@yandex.ru, SPIN-код: 9349-0286, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9001-8420>

Stanislav P. Seregin, Dr. of Sci. (Medical), Professor, Head of Biomedical Engineering Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: seregin.stanislaw2011@yandex.ru, SPIN-код: 9349-0286, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9001-8420>

Федорова Анастасия Романовна, аспирант кафедры программной инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: fedorowa.ana99@yandex.ru

Anastasia R. Fedorova, Post-Graduate Student, Software Engineering Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: fedorowa.ana99@yandex.ru

Халин Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программной инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Yuri A. Khalin, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Software Engineering Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: yur-khalin@yandex.ru

Катыхин Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программной инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: katykhin.a@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9772-5367>

Aleksandr I. Katykhin, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Software Engineering Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: katykhin.a@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9772-5367>