

**ПРИМЕНЕНИЕ ГРУППЫ ИСКУССТВЕННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АКТОРОВ
ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕЛЕВАНТНОГО РЕШЕНИЯ О ПРОВЕДЕНИИ
КОСМЕТИЧЕСКОГО РЕМОНТА**

Качалин В.С.

Качалин Василий Сергеевич (ORCID: 0000-0002-7370-109X)
Московский авиационный институт,
г. Москва, Россия. 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4.
E-mail: vasilii.kachalin@gmail.com

Процесс принятия решений подразумевает под собой необходимость учета множества факторов и ограничений, которые могут склонять решение в ту или иную сторону. При этом если решение принимает человек, то вполне вероятно, что может быть принято нерелевантное решение, которое способно привести к большим финансовым издержкам, т.к. человек может быть невнимателен, уставший или не обладать достаточной квалификацией. Сфера косметических ремонтов не является исключением. Более надежный вариант – использовать искусственный интеллект. Однако есть способ еще лучше обеспечить принятие релевантного решения – применение группового искусственного интеллекта, способного давать ответы «Не знаю». В данной статье представлены результаты исследования, доказывающие и демонстрирующие преимущество группы искусственных интеллектуальных акторов над единичными ИИ в вопросе принятия решений о проведении косметических ремонтов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, групповой интеллект, принятие решений, релевантное решение, ремонты

**THE USE OF A GROUP OF ARTIFICIAL INTELLIGENT ACTORS TO MAKE
A RELEVANT DECISION ON COSMETIC REPAIRS**

Kachalin V.S.

Kachalin Vasilii Sergeevich (ORCID: 0000-0002-7370-109X)
Moscow Aviation Institute,
Moscow, Russia. 125993, Moscow, Volokolamskoe highway, 4.
E-mail: vasilii.kachalin@gmail.com

The decision-making process implies the need to take into account many factors and constraints that may tilt the decision in one direction or another. At the same time, if the decision is made by a person, it is likely that an irrelevant decision may be made, which can lead to high financial costs, because the person may be inattentive, tired, or not have sufficient qualifications. The field of cosmetic repairs is no exception. A more reliable option is to use artificial intelligence. However, there is an even better way to ensure that a relevant decision is made – using group artificial intelligence capable of giving "I don't know" answers. This article presents the results of a study that proves and demonstrates the advantage of a group of artificial intelligent actors over individual AI in making decisions about cosmetic repairs.

Keywords: artificial intelligence, group intelligence, decision making, relevant decision, repairs

ВВЕДЕНИЕ

Процесс принятия решений может быть довольно сложным, особенно, если факторов и ограничений, которые необходимо брать во внимание, достаточно много. В таких ситуациях че-

ловеку требуется много времени, чтобы проанализировать и сопоставить все условия, в которых необходимо принять решение, к тому же не исключён человеческий фактор. На помощь лицу, принимающему решения, приходят достижения науки, полученные в области искусственного ин-

теллекта, например, экспертные системы и методы машинного обучения [1, 2]. Сейчас искусственный интеллект применяется во многих областях: медицина [3], банковская сфера [4], маркетинг [5], авиация [6] и многие другие. Однако на текущий момент ИИ мало распространен в сфере недвижимости, хотя исследования в этом направлении ведутся [7]. Также на текущий момент в этой области проводятся исследования, конечной целью которых является реализация системы принятия релевантных решений о проведении косметических ремонтов [8-10]. Релевантное решение о выполнении косметического ремонта или же о его невыполнении позволяет снизить финансовые и временные издержки, которые несут организации и люди, обладающие недвижимым имуществом.

Нерелевантное решение о выполнении косметического ремонта повлечет за собой большие расходы, потенциально выходящие за рамки бюджета, и продолжительную по времени утрату помещений, которые могут быть необходимы организации в связи с ее деятельностью. Нерелевантное решение о непроведении ремонта способно повлечь за собой необходимость выполнения большего объема работы в будущем, чем если бы работа была проведена на момент принятия соответствующего решения. Автоматизированная система принятия решений о проведении косметических ремонтов не подвержена «человеческим» проблемам, таким как усталость и невнимательность, а соответственно всегда обеспечивается релевантность принимаемого решения.

В функциональной архитектуре такой системы присутствует блок генераторов, состоящий из нескольких искусственных интеллектуальных акторов, каждый из которых на основе имеющихся факторов и ограничений генерирует собственный ответ о необходимости проведения косметического ремонта [8].

Данная статья является продолжением исследований в этом направлении и ее цель заключается в демонстрации преимущества блока генераторов решений, т.е. группы искусственных интеллектуальных акторов, над индивидуальными ИИ в плане принятия релевантных решений о проведении косметических ремонтов.

ГРУППА ИСКУССТВЕННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АКТОРОВ

Как уже было сказано, блок генераторов состоит из группы искусственных интеллектуальных акторов, которые на основании данных о факторах и ограничениях принимают собственное решение о проведении или непроведении косметического ремонта.

Стоит отметить, что акторы не должны быть копиями друг друга, чтобы каждый из них по-своему мог прийти к тому или иному решению. Несколько одинаковых акторов-копий никак не увеличивают вероятность принятия релевантного решения, т.к. анализируют рассматриваемые данные одинаковым образом. В качестве аналогии можно привести пример: проверка решения задачи тем же способом, которым оно было получено, не гарантирует его правильность. Несколько разных акторов в каком-то смысле «проверяют» решения друг друга различными методами, что позволяет удостовериться в релевантности принимаемого решения. Соответственно, вполне возможно, что решения, принимаемые несколькими искусственными акторами, могут не совпадать.

После того как группа искусственных интеллектуальных акторов выдала ответы, выполняется анализ полученных результатов: в случае единогласного отрицательного решения ответом группы считается «Не выполнять ремонт»; в случае единогласного положительного решения о проведении косметического ремонта в качестве ответа группы принимается соответствующее решение о проведении ремонта; если акторы не смогли прийти к единому мнению и выдали противоположные решения, то в качестве ответа всей группы принимается ответ «Не знаю». Такой ответ позволяет избежать принятия нерелевантного ответа и означает, что пользователю необходимо либо уточнить данные о факторах и ограничениях, либо же обратиться к специалисту для принятия соответствующего решения.

Задача принятия решения о проведении косметического ремонта помещений, основываясь на имеющихся факторах и ограничениях, может рассматриваться как задача классификации, т.к. по своей сути она отображает множество факторов и ограничений во множество решений («делать ремонт» и «не делать ремонт»), а, следовательно, для решения этой задачи в качестве интеллектуальных акторов могут использоваться методы машинного обучения, которые ориентированы на классификацию объектов. К таким методам относятся нейронные сети, метод опорных векторов, деревья решений и другие. Помимо этого, в роли интеллектуального актора может применяться программная реализация математической модели процесса принятия решения [9].

ДАТАСЕТ: ФАКТОРЫ, ОГРАНИЧЕНИЯ, ОЖИДАЕМОЕ РЕШЕНИЕ

Очевидно, что любое решение принимает в определенных сложившихся условиях, решение о проведении косметического ремонта не

является исключением. Поэтому прежде всего стоит привести список факторов и ограничений, которые учитываются в данной работе.

Первым и самым очевидным фактором является *состояние помещения относительно всех косметических дефектов* [10]. Данный параметр находится в пределах между нулем и единицей, при этом чем ближе его значение к единице, тем хуже состояние помещения.

Дефекты могут быть разные по *степени опасности для здоровья человека*, находящегося в помещении [10], данный факт тоже оказывает влияние на принимаемое решение.

За наличием дефектов следуют ремонтные работы. Для принятия решения о проведении косметического ремонта важны их две характеристики: *стоимость работ* и *необходимое время на их проведение*. Оба эти параметра могут принимать любое положительное значение.

На принимаемое решение влияет и само помещение, а точнее его *критичность для деятельности организации*. Помещения по данному параметру можно разделить на три группы, которым может соответствовать числовой коэффициент (1, 2, 3 соответственно):

- Некритичные – помещения, которые либо не принимают непосредственного участия в деятельности организации, либо работу в таких помещениях можно без проблем перевести в любые другие помещения;
- Со средней критичностью – по каким-либо причинам работу из таких помещений на время ремонта перенести не представляется возможным, однако временная приостановка деятельности в таких помещениях слабо повлияет на рабочие процессы организации;
- Критичные – по каким-либо причинам работу из таких помещений на время ремонта перенести невозможно. При этом проведение ремонта в таких помещениях сильно влияет на деятельность организации либо же полностью нарушает или останавливает ее.

Помимо критичности у помещений присутствует характеристика, отражающая *время, в течение которого помещение простаивает*, например, ночное время суток. Данный атрибут может оказать влияние на принимаемое решение относительно критичных помещений, т.к. ремонтные работы могут быть выполнены за время простоя.

Степень старости отделочного материала тоже оказывает влияние на принимаемое решение о проведении косметического ремонта. Связано это с тем, что чем ближе к окончанию срок эксплуатации материала, тем с большей вероятностью

на нем будут появляться дефекты из-за утраты своих характеристик [11]. Получить численное представление степени старости материала можно в виде отношения срока эксплуатации на текущий момент к максимально допустимому сроку эксплуатации. Таким образом степень старости материала находится в пределах от нуля до бесконечности, и чем больше значение параметра, тем более старым является материал.

В качестве ограничений выступают *доступный бюджет* и *требование по времени на ремонт*. Для обучения искусственных интеллектуальных акторов необходимо наличие датасета, который содержал бы в себе различные по значениям наборы представленных выше факторов и ограничений. Однако, в открытом доступе такой датасет отсутствует. В связи с этим был разработан алгоритм, позволяющий создать соответствующий датасет. По своей сути этот алгоритм заключается в установке случайных значений для факторов и ограничений, но при этом границы случайных значений подобраны таким образом, чтобы любое число внутри них отображало адекватное значение соответствующей характеристики. Стоит отдельно отметить несколько моментов. Количество косметических дефектов в помещении варьировалось от одного до четырех, и каждый дефект обладал своей степенью опасности для здоровья человека, но при этом опасный дефект мог быть только один. Время необходимое на выполнение ремонта и стоимость ремонта принимало случайное значение в пределах между 20% и 140% от соответствующего ограничения.

У каждого набора факторов и ограничений присутствует свое *ожидаемое решение*, которое считается релевантным для конкретного случая. Процесс определения ожидаемого решения организован в виде прохода по заранее составленному дереву решений, в котором узлы представляют собой условия, выполнение и невыполнение которых ведет по соответствующему ребру к следующему узлу. При этом в конечных узлах указывается ожидаемое решение, которое вносится в соответствующий набор данных в случае прохода по конкретному пути. Графическое представление такого дерева решений представлено на рис. 1. Стоит отдельно прокомментировать несколько моментов относительно графического представления. Ожидаемые решения в дереве решений представлены в числовом виде: 1 – выполнить косметический ремонт помещения; 0 – не выполнять косметический ремонт помещения. На графическом изображении дерева решений символом «*» обозначена заключенная в рамку область, ко-

торая является идентичной той, в которую ведет ребро, указывающее на символ «*». В самом дереве решений присутствует обозначение «а», которое подразумевает под собой некоторое допущение, которое позволяет немного превысить ограничение в определенных случаях. При формировании датасета значение этого допущения состав-

ляло 1,15, что обозначает возможность превышения ограничения на 15%. С помощью описанного метода был создан датасет, включающий в себя 1 000 000 наборов данных, описывающих различные условия, в которых принимается решение о проведении косметического ремонта помещения и содержащих в себе ожидаемые решения.

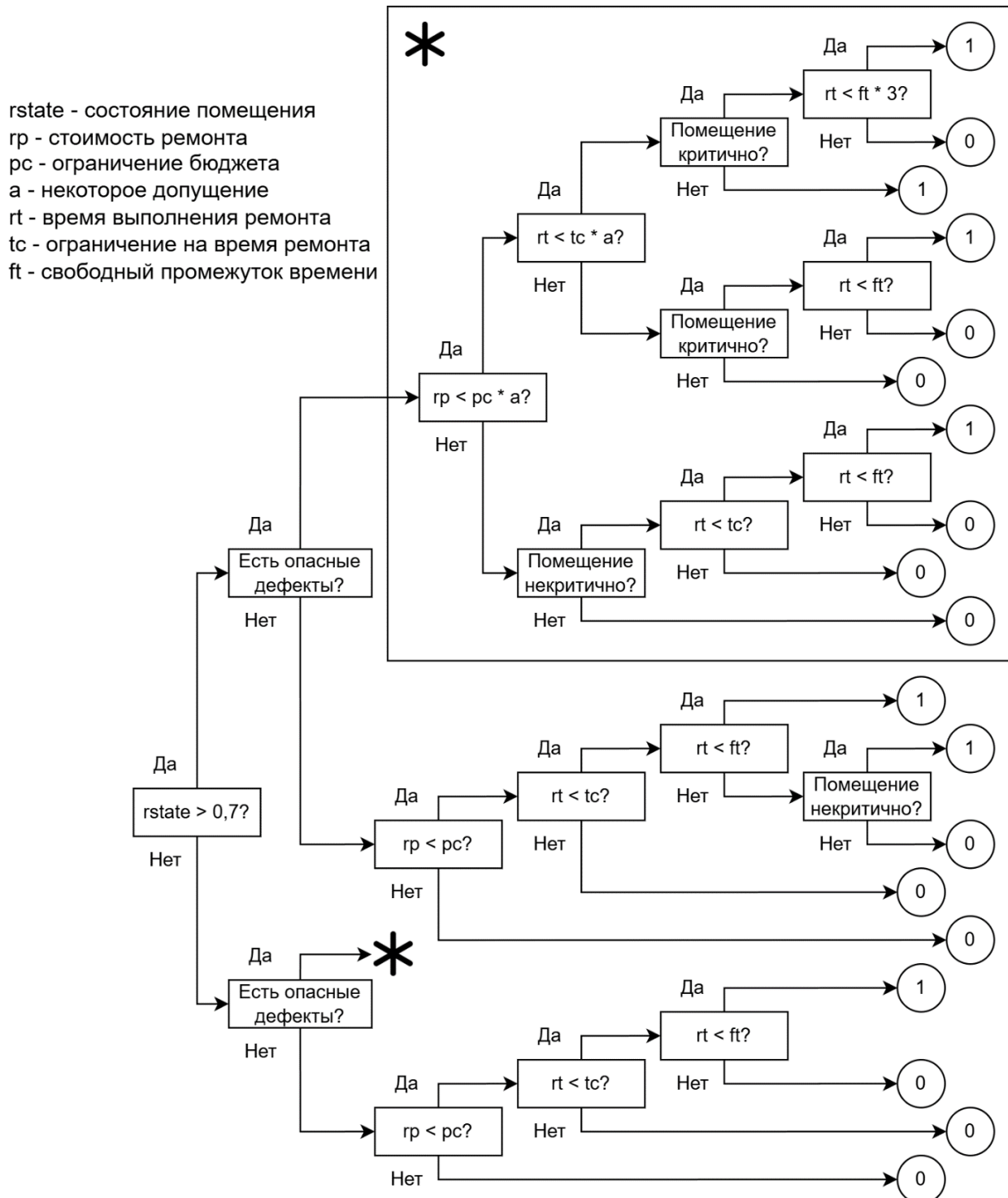


Рис. 1. Дерево решений для определения ожидаемого решения
 Fig. 1. Decision tree for determining an expected solution

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследования на языке программирования Python версии 3.10.11 с использованием библиотеки машинного обучения scikit-learn версии 1.5.2 была написана программа, которая обучала, тестировала искусственных акторов и имитировала групповой интеллект. В качестве искусственных интеллектуальных акторов использовались три модели искусственного интеллекта: метод опорных векторов с линейным ядром (такая реализация модели хорошо подходит для больших датасетов [12]), многослойный перцептрон и дерево решений. Сам датасет был разбит на обучающую и тестовую выборки в количестве 750 000 и 250 000 экземпляров соответственно.

Оценка точности отдельных моделей искусственного интеллекта рассчитывалась в виде отношения количества релевантных ответов к общему размеру тестовой выборки. Для оценки точности группы в качестве делителя применялась разница между размером всей тестовой выборки и количеством ответов «Не знаю», т.к. такие ответы нельзя считать ни релевантными, ни нерелевантными, потому что они отображают факт того, что группа не смогла прийти к какому-либо решению.

Столбчатая диаграмма, которая отображает значения точности группы акторов и индивидуальных моделей искусственного интеллекта представлена на рис. 2.

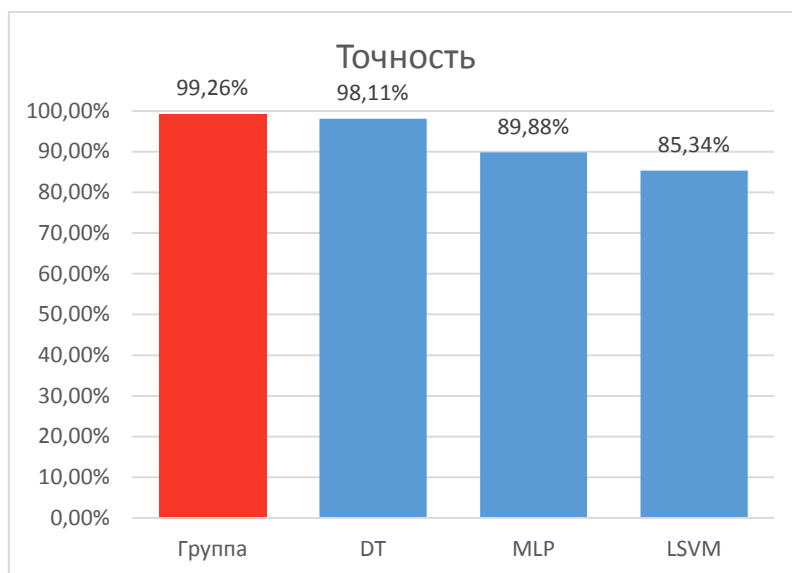


Рис. 2. Точность группы акторов и отдельных моделей ИИ: DT – дерево решений, MLP – многослойный перцептрон, LSVM – метод опорных векторов с линейным ядром

Fig. 2. Accuracy of a group of actors and individual AI models: DT – decision tree, MLP – multilayer perceptron, LSVM – linear core support vector machine

На диаграмме точности группы и отдельных акторов, представленной на рис. 2 видно, что группа акторов показывает наилучший результат по сравнению с индивидуальными акторами, что свидетельствует о существовании преимущества в применении такого подхода при принятии решений о проведении косметического ремонта. Однако стоит помнить, что такая высокая точность обусловлена наличием третьего ответа «Не знаю», т.к. он перетягивает на себя часть нерелевантных ответов и в то же время часть релевантных решений. Графически такую ситуацию можно отобразить в виде некоторой линии на графике, которая разделяет область решений на две части и имеет две равноудаленные границы, попадание результата в область между которыми означает ответ

«Не знаю». Такая интерпретация представлена на рис. 3. Стоит отдельно сказать, что по теореме Кондорсе о жюри присяжных [13, 14] необходимо, чтобы искусственные интеллектуальные акторы обладали точностью принятия релевантных решений более чем 0,5. Также, опираясь на эту теорему, можно утверждать, что при увеличении количества акторов, обладающих точностью выше 0,5, точность принятия релевантных решений будет стремиться к единице.

Учитывая наличие у группы акторов третьего ответа «Не знаю», стоит отдельно выделить соотношение всех трех ответов. Столбчатая диаграмма, демонстрирующая распределение релевантных, нерелевантных решений и ответов «Не знаю» группы акторов, представлена на рис. 4.

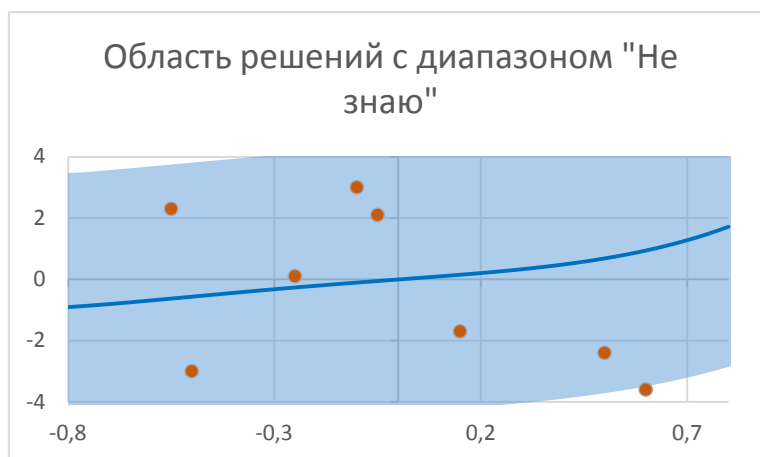


Рис. 3. Область решений с диапазоном "Не знаю" в графической интерпретации.

Принимаемые решения представлены в виде точек

Fig. 3. A decision area with a range of "I don't know" in graphical interpretation. The decisions made are represented as dots



Рис. 4. Соотношение релевантных, нерелевантных решений и ответов "Не знаю", выданных группой акторов

Fig. 4. The ratio of relevant, irrelevant solutions and "I don't know" responses given by a group of actors

На диаграмме, представленной на рис. 4, однозначно видно, что часть нерелевантных ответов, которые потенциально могли привести к необоснованным затратам, перешла в категорию решения «Не знаю», что говорит пользователю системы, о необходимости уточнения данных или принятия решения «в ручном режиме».

В данном эксперименте, это позволило снизить количество нерелевантных ответов до величины менее процента – 0,6%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования, а также анализа его результатов было продемонстрировано, что группа интеллектуальных акторов имеет преимущество перед индивидуальными акторами в плане принятия релевантных решений о

проведении косметических ремонтов. Не исключено, что групповой интеллект, способен продемонстрировать преимущество в решении вопросов касающихся других сфер, однако, это является темой для отдельного исследования.

Также, согласно теореме Кондорсе, можно повысить количество релевантных решений путем добавления большего количества искусственных интеллектуальных акторов с точностью, превышающей значение 0,5, при этом чем более точным является добавляемый актор, тем больший вклад в повышение релевантных ответов он имеет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Аникьева Э.Н., Кувардин С.Р. Искусственный интеллект для принятия решений. *Наука и образование*. 2022. Т. 5 № 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-dlya-prinyatiy-resheniy>.
2. Потапов А.С. Технологии искусственного интеллекта. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. 218 с.
3. Мажей Я.В., Свищёв А.В. Применение искусственного интеллекта в здравоохранении. *E-Scio*. 2021. № 12(63). С. 186-191.
4. Сухорукова И.В. Применение искусственного интеллекта в банковской сфере. *Научные междисциплинарные исследования*. 2021. № 5. С. 98-100.
5. Сlickaja A.E. Применение искусственного интеллекта в маркетинге. *Практический маркетинг*. 2023. № 12. С. 77-80.
6. Капустин А.Г., Бунас К.В. Искусственный интеллект в авиации. *Наука и инновации*. 2019. № 9 (199). С. 21-28.
7. Попов Н.Л.Э. Оценка измерения страховой стоимости фасада здания на базе искусственного интеллекта. Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тридцатая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов: тезисы докладов. М.: ООО «Центр полиграфических услуг „Радуга“». 2024. С. 654.
8. Качалин В.С. Функциональная архитектура системы принятия решения о проведении косметического ремонта помещений. Сборник тезисов работ международной молодёжной научной конференции Л. Гагаринские чтения 2024. М.: Издательство «Перо». 2024. С. 260-261.
9. Качалин В.С., Калугин А.В. Математическая модель процесса принятия решения о проведении косметического ремонта помещений. *Современные наукоемкие технологии*. 2023. № 10. С. 45-54. DOI: 10.17513/snt.39790.
10. Качалин В.С. Количественная оценка состояния помещения относительно дефектов внутренней отделки. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2024. № 4 (80). С. 104-110. DOI: 10.6060/snt.20248004.00014.
11. Памятка для потребителя. Срок службы, гарантийный срок, срок годности товара. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области» – официальный сайт. <https://www.cg48.ru/konsultacionnyi-centr-pozaschite-prav-potrebitelei/enciklopediya-potrebiteleya>.
12. LinearSVC. scikit-learn Machine Learning in Python.
13. Boland P.J. Majority Systems and the Condorcet Jury Theorem. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*. 1989. V. 38. N. 3. P. 181-189. DOI: 10.2307/2348873.
14. Протасов В.И., Шарнин М.М., Потапова З.Е., Мельников Е.И., Морочо Минчала Х.П. Теорема Кондорсе и теоремы об экспертах. Труды Международной научной конференции СРТ2015: Международная научная конференция Московского физико-технического института (государственного университета) Института физико-технической информатики. Протвино: Автономная некоммерческая организация "Институт физико-технической информатики". 2016. С. 277-279.
1. Anik'eva Je.N., Kuvardin S.R. Artificial intelligence for decision making. *Science and education*. 2022. V. 5 N 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-dlya-prinyatiy-resheniy>.
2. Potapov A.S. Artificial intelligence technologies. SPb: SPbGU ITMO, 2010. 218 p. (in Russian).
3. Mazhej Ja.V., Svishhiov A.V. Application of artificial intelligence in healthcare. *E-Scio*. 2021. N 12(63). P. 186-191. (in Russian).
4. Suhorukova I.V. Application of artificial intelligence in the banking sector. *Scientific interdisciplinary research*. 2021. N 5. P. 98-100. (in Russian).
5. Slickaja A.E. Applying artificial intelligence in marketing. *Practical marketing*. 2023. N 12. P. 77-80. (in Russian).
6. Kapustin A.G., Bunas K.V. Artificial intelligence in aviation. *Science and innovation*. 2019. N 9 (199). P. 21-28. (in Russian).
7. Popov N.L.E. Assessment of the measurement of the insurance value of the facade of a building based on artificial intelligence. Radio Electronics, Electrical Engineering and Power engineering: The Thirtieth International Scientific and Technical Conference of Students and Postgraduates: abstracts. M.: ООО «The center of printing services "Raduga"». 2024. P. 654. (in Russian).
8. Kachalin V.S. Functional architecture of the decision-making system for carrying out cosmetic repairs of premises. Collection of abstracts of the international youth scientific conference L. Gagarin Readings 2024. M.: Publishing house «Pero». 2024. P. 260-261. (in Russian).
9. Kachalin V.S., Kalugin A.V. Mathematical Model of the Decision-Making Process on Carrying Out Cosmetic Repairs of Premises. *Modern High Technologies*. 2023. N 10. P. 45-54. (in Russian). DOI: 10.17513/snt.39790.
10. Kachalin V.S. Quantitative assessment of the condition of the room with respect to defects in interior decoration. *Modern high technologies. Regional application*. 2024. N 4 (80). P. 104-110. (in Russian). DOI: 10.6060/snt.20248004.00014.
11. A reminder for the consumer. Service life, warranty period, shelf life of the product. FBUS «Center of Hygiene and Epidemiology in the Lipetsk region» – official website.
12. LinearSVC. scikit-learn Machine Learning in Python.
13. Boland P.J. Majority Systems and the Condorcet Jury Theorem. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*. 1989. V. 38. N. 3. P. 181-189. DOI: 10.2307/2348873.
14. Protasov V.I., Sharnin M.M., Potapova Z.E., Mel'nikov E.I., Morocho Minchala H.P. Condorcet's jury theorem and expert theorems. Proceedings of the International Scientific Conference CPT2015 : International Scientific Conference of the Moscow Institute of Physics and Technology (State University) Institute of Physics and Technology Informatics. Protvino: Autonomous Non-profit Organization "Institute of Physical and Technical Informatics". 2016. P. 277-279. (in Russian).

Поступила в редакцию(Received) 16.05.2025
Принята к опубликованию (Accepted) 18.06.2025