

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ / SYSTEM ANALYSIS,
MANAGEMENT AND PROCESSING OF INFORMATION

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.10>

АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Научная статья

Самойленко В.С.^{1*}, Федотова А.Ю.²

^{1,2} Южный федеральный университет, Таганрог, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (vsamoylenko[at]sfedu.ru)

Аннотация

В статье рассматривается архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР). ИСППР представляет собой компьютерную систему, которая помогает принимать оптимальные и взвешенные решения в сложных ситуациях с множествами критериев, используя искусственный интеллект и различные методы обработки данных.

Архитектура ИСППР включает в себя несколько компонентов, каждый из которых отвечает за определенную функцию. Первый компонент – это база знаний, которая содержит информацию, необходимую для принятия решений. Эта информация может быть представлена в виде фактов, правил или моделей.

Второй компонент – это модели, которые отвечают за вывод новых знаний из имеющейся базы знаний. Для получения новых знаний используются различные алгоритмы и стратегии, такие как правила вывода, семантические сети и нейронные сети, чтобы сделать выводы на основе имеющихся данных.

Третий компонент – это пользовательский интерфейс, который позволяет пользователям взаимодействовать с системой и получать необходимую информацию и рекомендации для принятия решений.

Ключевые слова: интеллектуальная система поддержки принятия решений, алгоритм, нейросеть.

ARCHITECTURE OF INTELLIGENT DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM

Research article

Samoilenko V.S.^{1*}, Fedotova A.Y.²

^{1,2} Southern Federal University, Taganrog, Russian Federation

* Corresponding author (vsamoylenko[at]sfedu.ru)

Abstract

The article examines the architecture of the Intelligent Decision-making Support System (IDSS). IDSS is a computer system that helps to make optimal and balanced decisions in complex situations with multiple criteria, using artificial intelligence and various methods of data processing.

The architecture of the IDSS includes several components, each of which is responsible for a specific function. The first component is the knowledge base, which contains the information needed for decision-making. This information can be represented as facts, rules or models.

The second component is the models that are responsible for inferring new knowledge from the available knowledge base. Different algorithms and strategies such as inference rules, semantic networks and neural networks are used to derive new knowledge to make inferences from the available data.

The third component is the user interface, which allows users to interact with the system and get the necessary information and guidance for decision-making.

Keywords: intelligent decision-making support system, algorithm, neural network.

Введение

Первые системы поддержки принятия решений (СППР) были внедрены в крупные компании. Так называемые Management Information Systems, основной задачей которых была подготовка отчетов для управленцев, были разработаны до середины 60-х годов прошлого века.

Развитие технологий и рост объема данных, ускорили процесс развития СППР. В середине 60-х годов появляются модель-ориентированные СППР. Эта концепция получила развитие на основе теоретических исследований в области принятия решений и технических работ по созданию интерактивных компьютерных систем.

В 80-е годы прошлого века были определены четыре компонента, присущих всем СППР:

- 1) языковая система – СППР может принимать все сообщения;
- 2) система презентаций – СППР может выдавать свои сообщения;
- 3) система знаний – все знания СППР сохраняет;
- 4) система обработки задач – программный «механизм», который пытается распознать и решать задачу во время работы СППР.

На сегодняшний день информационные технологии позволяют проектировать и разрабатывать интеллектуальные системы поддержки принятия решений (ИСППР), в основе которых лежат методы искусственного интеллекта (ИИ).

Проектирование ИСППР на основе методов ИИ является актуальной задачей с точки зрения научного и продуктового сообщества. Так, крупные компании, например, ОАО «Газпром», проектирует СППР для управления газотранспортными и газодобывающими системами. ПАО «Сбер» активно разрабатывает и продвигает

СППР для коллективного принятия решений, с возможностью ставить задачи, обсуждать предложения и подписывать документы (СППР «Сенат»).

Актуальность проводимых исследований по проектированию ИСППР заключается в том, что, исходя из существующих этапов жизненного цикла проекта, важным является этап – инициация. На этот этап уходит больше всего времени, так как участникам проекта необходима согласованность для достижения целей. Проведенный анализ исследований в данной области показал, что большее внимание уделяется инструментам для достижения целей, к таким относятся инструменты планирования, распределения задач и ресурсов, разделение ответственности и так далее.

Для решения сложных, технических, междисциплинарных задач, необходимо минимизировать риски несогласованности команды перед этапом инициации и сформировать такую команду, которая будет отвечать профессиональным требованиям проекта, а также личностным характеристикам друг друга для успешной совместной деятельности.

Методы и принципы исследования

Наиболее распространенными в применении являются такие ИСППР, как:

1. Экспертные системы, использующие знания экспертов в определенной предметной области для принятия решений. Такие системы основаны на правилах и базах знаний [1].
2. Системы поддержки принятия решений на основе данных. Системы используют анализ данных и статистические методы для предоставления информации, необходимой для принятия решений.
3. Нейронные сети – моделируют работу человеческого мозга и используются для распознавания образов, прогнозирования и других задач, связанных с принятием решений.
4. Гибридные системы – комбинация различных подходов к поддержке принятия решений, таких как экспертные системы, нейронные сети и системы на основе данных.

Последние десять лет интеллектуальные системы поддержки принятия решений проходили активное тестирование и внедрение в различных областях: медицина, юриспруденция, микро и макроэкономика, автоматизация бизнес-процессов и офиса и других. Современное состояние методов и направлений ИИ позволяет решать сложные технические и управленческие задачи [2].

Так, к управленческим задачам относятся внутренние задачи, связанные с организацией процессов или, например, жизненным циклом проекта.

Жизненный цикл проекта характеризует ограничение по времени и определяет, как скоро будут получены результаты проекта [3].

В таблице 1 приведен жизненный цикл проекта, состоящий из пяти основных этапов [4].

Таблица 1 - Жизненный цикл проекта

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.10.1>

Название этапа	Характеристика
Инициация	Большая неопределенность. Наименьшие усилия. Обсуждение и постановка целей в соответствии с ресурсами.
Планирование	Структурирование информации о проекте. Планирование сроков, задач, бюджета, оценка рисков.
Выполнение	Столкновение с ошибками и просчета, допущенными на этапе планирования и инициации. Важно своевременно получать актуальную информацию о ходе реализации и прогнозировать изменения.
Контроль	Совпадает с фазой «Выполнение». Обеспечивает своевременное реагирование на изменения и переработке следующих шагов.
Завершение	Финальная фаза ЖЦ проекта. Сдача продукта, передача документации и др.

Достижение высоких результатов при реализации проекта с учетом ограничений во времени, внешних и внутренних рисков, требует от лица, принимающего решения, владения не только техническими компетенциями, позволяющими реализовать техническое задание, но также и управленческими для качественного и эффективного управления проектом.

Для решения управленческих задач, лицу, принимающему решение (ЛПР), необходимо учитывать и работать с:

1. Большим объемом информации.
2. Многообразием факторов, влияющих на финальное решение.
3. Изменчивостью внешней среды [5].

Развитие информационных технологий, в частности систем, построенных на базе искусственного интеллекта, позволяет оптимизировать деятельность современных предприятий, а также оказывать поддержку ЛПР для поиска и принятия эффективного решения [6].

К таким системам относятся интеллектуальные системы поддержки принятия решений, позволяющие повышать экономическую эффективность, что, в свою очередь, является ключевой задачей предприятия для сохранения конкурентоспособности и развития.

В основе современных интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) лежат методы машинного обучения [7]. Ключевые преимущества использования таких методов в ИСППР:

1. Работа с неструктурированными данными для оптимизации принятого решения.
2. Нахождение сложных и неочевидных зависимостей.
3. Формирование альтернатив решений на основе анализа предыдущих закономерностей и выявленных тенденций.

Отличительной особенностью задач, требующих для решения разработки и использование ИСППР, является их многокритериальность. Такие задачи требуют векторного критерия. В случае возникновения сложностей ранжирования и оптимизации альтернатив используются неформальные методы скаляризации, в основе которых лежат суждения лица, принимающего решения [8].

Основные результаты

Так, для решения многокритериальной задачи, связанной с повышением эффективности проектных команд внутри организации, имеющей разнообразный портфель проектов и большое количество сотрудников, предлагается рассмотреть архитектуру ИСППР для решения поставленной задачи (рисунок 1). Архитектура разработана и построена с учетом следующую аспектов и исходных данных:

1. Имеются большие массивы данных о проектах и сотрудниках. Внутри каждого массива данных множества критериев.

2. Обработка и анализ информации должны происходить по запросу лица, принимающего решение или администратора, с учетом заданных параметров.

3. Результатом работы алгоритма должен быть набор альтернативных решений с учетом запросов ЛПР, а также иных ограничивающих факторов.

Архитектура ИСППР содержит пять основных элементов:

- базы данных;
- токенизатор;
- трансформер;
- декодер;
- решение в понятной для лица, принимающего решение, форме/множество альтернативных решений.

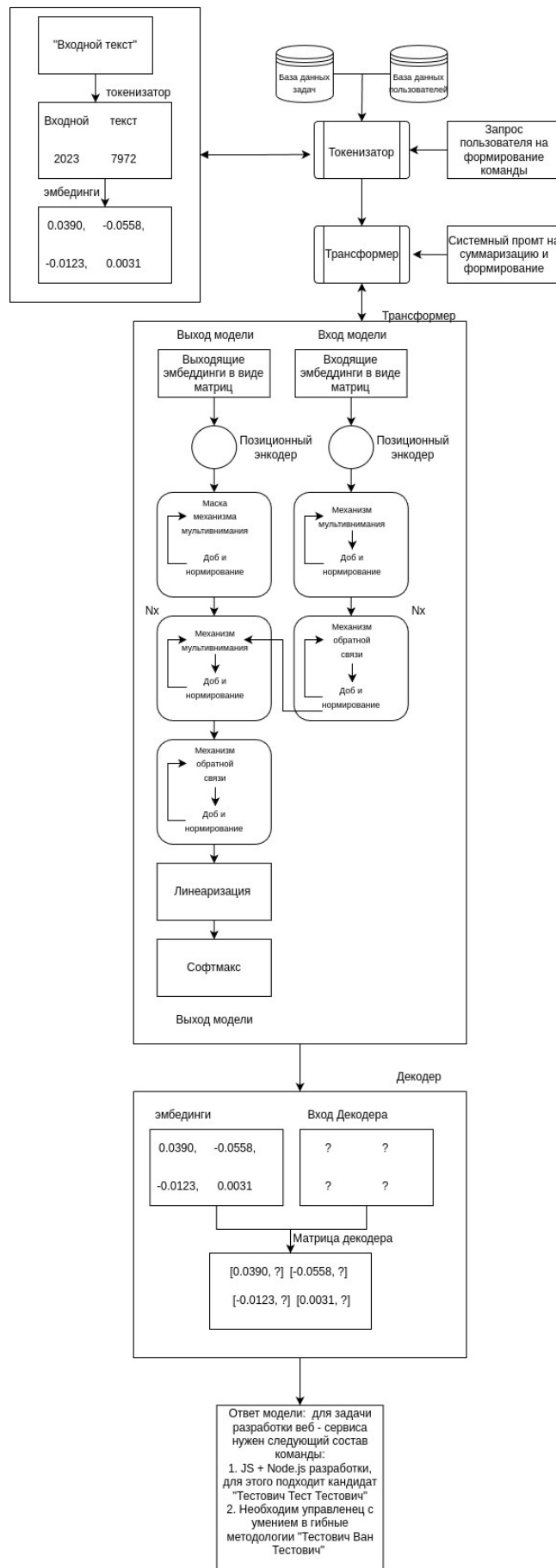


Рисунок 1 - Архитектура ИССПР
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.10.2>

1. База данных о проектах. Входной массив информации о целях, задачах, ресурсах, времени, требуемых для реализации проекта. Данные о проектах могут быть сформированы администратором системы или лицом,

принимающим решение об инициации проекта. Актуализация данных проходит в ручном режиме администратором или ЛПР. База данных позволяет сохранять и использовать информацию о проектах на следующих этапах поддержки принятия решений [9].

2. База данных о пользователях или компетентностный профиль пользователя. Массив динамических данных, получаемый путем сбора информации с помощью специализированных тестов на оценку *hard* и *soft skills*, а также дополнительная информация о пользователе: возраст, опыт работы, специальность, интересы и другое. Актуализация данных в компетентностном профиле пользователя осуществляется двумя способами:

- изменения вносятся пользователем самостоятельно;
- изменения связаны с выполнением задач в проекте (повышение или понижение уровня навыка на основе анализа процесса реализации).

3. Токенизатор. Позволяет преобразовать массив данных о проектах и компетентностных профилях в последовательность токенов (матрицу чисел), которые можно анализировать и использовать для решения задачи по повышению эффективности проектной команды. Текст разбивается на токены с учетом специальных символов, пунктуации и других особенностей языка.

4. Кодер – это часть модели, которая принимает на вход последовательность токенов (например, слов или символов) и преобразует ее в скрытые представления или эмбединги (векторы и матрицы чисел). Кодер обычно состоит из трансформеров, которые позволяют модели учитывать контекст и зависимости между токенами.

Трансформер – нейросеть, которая принимает на вход текст в виде матрицы чисел, его задача декодировать из чисел в текст, на выходе этой нейросети получается вероятность следующего символа/буквы.

5. Декодер принимает последовательность токенов, представляющих собой контекст на котором обучена языковая модель, и генерирует последовательность выходных токенов, представляющих сгенерированный для пользователя текст. Декодер в данном случае является нейросетью внутри всей большой архитектуры модели *Mistral-Saiga 7B*, способной обрабатывать последовательности данных. Декодер использует информацию из токенизатора и контекста для генерации текста с учетом грамматики и смысла [10], [11].

6. На выходе администратор системы или ЛПР получает рекомендации по своему запросу, основанные на комбинации нескольких массивов данных и результатам работы языковой модели, используемой в ИСППР.

Пошагово опишем работу ИСППР с учетом построенной архитектуры по запросу «Сформировать профиль проекта»:

1. Сбор данных. На данном этапе происходит заполнение первичных входных данных о проекте:

- Цели и задачи: Запуск мобильного приложения через 6 месяцев, увеличение пользовательской базы на 20%.
- Ресурсы: Необходимы 5 разработчиков, 2 UX/UI дизайнера, 3 тестировщика.
- Сроки и этапы: Разработка — 3 месяца, тестирование — 2 месяца, подготовка к запуску — 1 месяц.
- Бюджет: 500,000 долларов.

- Риски и ограничения: Возможные задержки в разработке, превышение бюджета, изменения требований.

- Заинтересованные стороны: Руководство компании, команда маркетинга, потенциальные пользователи.

- Исторические данные: Успешные и неудачные проекты разработки мобильных приложений в компании.

2. Предобработка данных.

- Очистка данных: Удаление некорректных и дублирующихся записей.

- Кодирование данных: Преобразование описательных данных в числовую форму с помощью *one-hot encoding* и *word embeddings*.

- Нормализация данных: Нормализация числовых данных, таких как бюджет и сроки, с помощью *Min-Max* нормализации.

3. Формирование векторов.

- Вектор характеристик проекта: [6 месяцев, 500,000 долларов, 5 разработчиков, 2 UX/UI дизайнера, 3 тестировщика, задержки, превышение бюджета, изменения требований, 20% увеличение пользовательской базы, данные об исторических проектах]

4. Применение модели случайного леса.

- Обучение модели: Модель обучена на данных о прошлых проектах, включая их успешность или неудачу.

- Оценка вероятности успеха: Модель предсказывает вероятность успешного выполнения проекта на основе введенных данных.

5. Формирование профиля проекта.

- Сводный профиль: Модель выдает профиль проекта с вероятностью успеха и ключевыми рекомендациями.

- Визуализация данных: Диаграммы, показывающие распределение ресурсов, предполагаемые риски и другие важные метрики.

6. Формирование ответа

- Ответ после обработки данных: «Проект имеет высокую вероятность успеха при условии соблюдения установленных сроков и бюджета. Рекомендуется обеспечить регулярный мониторинг прогресса и управление рисками. Потенциальные риски включают задержки в разработке и превышение бюджета, что может быть смягчено регулярными оценками и пересмотром планов».

7. Вывод ответа

- Ответ представлен для ЛПР в текстовом виде с возможностью визуализации ключевых метрик проекта.

Обсуждение

Таким образом, разработанная архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия решений позволит:

1. Сократить время на принятие управленческого решения в области формирования эффективной проектной команды.

2. Формировать альтернативные решения: проектные команды формируются неограниченное количество раз, в зависимости от заданных требований и полученных результатов от ИССПР.
3. Задавать параметры для решения, в зависимости от входных условий ЛПР или администратора.
4. Вносить изменения в сформированные решения, исходя из экспертности ЛПР или администратора.
5. Осуществлять автоматизированный процесс обновления компетентностного профиля пользователя и проектной команды на основе их деятельности при выполнении проекта.
6. Формировать рекомендации и индивидуальные траектории развития как для каждого участника, так и для проектной команды.

Заключение

В работе рассмотрены существующие СППР и приведена новая архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия решений на основе современных моделей для решения сложных задач с множеством входных критериев и условий. Такая архитектура позволит системе поддержки принятия решений быть динамичной во времени, что означает постоянную актуализацию данных и формирование решений на основе большого массива данных. Это делает архитектуру уникальной, в сравнении с существующими СППР, в основе которых лежат традиционные инструменты и методы сбора, обработки и анализа данных.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Черненко В.В. Экспертные системы / В.В. Черненко, С.Ю. Пискорская // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2012.
2. Alyoubi B.A. Decision support system and knowledge-based strategic management / B.A. Alyoubi // Elsevier. — 2015. — № 65 — P. 278-284.
3. Пилецкая А.В. Жизненный цикл проекта / А.В. Пилецкая // Молодой ученый. — 2020. — № 51 (341). — С. 94-95. — URL: <https://moluch.ru/archive/341/76610/> (дата обращения: 17.04.2024).
4. Моисеенко Ж.Н. Жизненный цикл проекта / Ж.Н. Моисеенко // Форум молодых ученых. — 2021. — № 6(58). — С. 538-542.
5. Валькман Ю.Р. Бизнес-интеллект и управление знаниями: понятия, технологии, интеллектуальность / Ю.Р. Валькман, Р.Ю. Валькман, Л.Р. Исмагилова // Труды Международных НТК IEEE АК-09, СА0-2009. — М.: Физматлит, 2009.
6. Карелин, В.П. Интеллектуальные технологии и системы искусственного интеллекта для поддержки принятия решений / В.П. Карелин // Вестник Таганрогского института управления и экономики. — 2011. — № 2. — С. 79-84.
7. Осипов В.П. Интеллектуальное ядро системы поддержки принятия решений / В.П. Осипов [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. — 2018. — № 205. — 23 с. — DOI:10.20948/prepr-2018-205
8. Демин Г.А. Методы принятия управленческих решений / Г.А. Демин. — Пермь, 2019. — 88 с. — URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/deminmetody-prinyatiya-upravlencheskikh-reshenij.pdf>. (дата обращения: 17.04.2024).
9. Конюхов В.Г. База данных. Понятие, значение и роль в современном мире. Современные инновации в образовании / В.Г. Конюхов // Системные технологии. — 2017. — № 24. — С. 61-63
10. Сайга-Мистраль – третья русская нейросеть после YaGPT и GigaChat, публично доступная по API // Хабр: сайт. — URL: <https://habr.com/ru/articles/767588/> (дата обращения: 22.04.2024)
11. Демидова Л.А. Обучение вопросно-ответной нейросетевой модели на базе архитектуры модели LLaVA 1.5 с энкодером Saiga Mistral 7b и алгоритма низкоранговой адаптации LoRA / Л.А. Демидова, Н.А. Морошкин // Сборник научных статей международной научно-практической конференции. — Минск: БГУИР, 2024. — С. 401-406.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Chernenko V.V. Jekspertnye sistemy [Expert systems] / V.V. Chernenko, S.Ju. Piskorskaja // Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavtiki [Current Problems of Aviation and Cosmonautics]. — 2012. [in Russian]
2. Alyoubi B.A. Decision support system and knowledge-based strategic management / B.A. Alyoubi // Elsevier. — 2015. — № 65 — P. 278-284.
3. Pileckaja A.V. Zhiznennyj cikl proekta [Life cycle of the project] / A.V. Pileckaja // Molodoj uchenyj [Young Scientist]. — 2020. — № 51 (341). — P. 94-95. — URL: <https://moluch.ru/archive/341/76610/> (accessed: 17.04.2024). [in Russian]
4. Moiseenko Zh.N. Zhiznennyj cikl proekta [Project life cycle] / Zh.N. Moiseenko // Forum molodyh uchenyh [Forum of Young Scientists]. — 2021. — № 6(58). — P. 538-542. [in Russian]
5. Val'kman Ju.R. Biznes-intellekt i upravlenie znaniyami: ponjatija, tehnologii, intellektual'nost' [Business intelligence and knowledge management: concepts, technologies, intellectuality] / Ju.R. Val'kman, R.Ju. Val'kman, L.R. Ismagilova // Trudy

Mezhdunarodnyh NTK 1EEE AK-09, SA0-2009 [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference 1EEEE AK-09, SA0-2009]. — M.: Fizmatlit, 2009. [in Russian]

6. Karelin, V.P. Intellektual'nye tehnologii i sistemy iskusstvennogo intellekta dlja podderzhki prinjatija reshenij [Intellectual technologies and artificial intelligence systems for decision-making support] / V.P. Karelin // Vestnik Taganrogsokogo instituta upravlenija i jekonomiki [Bulletin of Taganrog Institute of Management and Economics]. — 2011. — № 2. — P. 79-84. [in Russian]

7. Osipov V.P. Intellektual'noe jadro sistemy podderzhki prinjatija reshenij [Intellectual core of the decision support system] / V.P. Osipov [et al.] // Preprinty IPM im. M.V.Keldysha [Preprints of M.V. Keldysh IPM]. — 2018. — № 205. — 23 p. — DOI:10.20948/prepr-2018-205 [in Russian]

8. Demin G.A. Metody prinjatija upravlencheskih reshenij [Methods of management decision-making] / G.A. Demin. — Perm, 2019. — 88 p. — URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/deminmetody-prinyatiya-upravlencheskikh-reshenij.pdf>. (accessed: 17.04.2024). [in Russian]

9. Konjuhov V.G. Baza dannyh. ponjatie, znachenie i rol' v sovremennom mire. Sovremennye innovacii v obrazovanii [Database. Concept, meaning and role in the modern world. Modern innovations in education] / V.G. Konjuhov // Sistemnye tehnologii [System Technologies]. — 2017. — № 24. — P. 61-63 [in Russian]

10. Sajga-Mistral' – tret'ja ruskaja nejroset' posle YaGPT i GigaChat, publichno dostupnaja po API [Saiga-Mistral – the third Russian neural network, after YaGPT and GigaChat, publicly available via APIs] // Habr: site. — URL: <https://habr.com/ru/articles/767588/> (accessed: 22.04.2024) [in Russian]

11. Demidova L.A. Obuchenie voprosno-otvetnoj nejrosetevoj modeli na baze arhitektury modeli LLaVA 1.5 s jenkoderom Saiga Mistral 7b i algoritma nizkorangovoj adaptacii LoRA [Training of the question-response neural network model based on the LLaVA 1.5 model architecture with the Saiga Mistral 7b encoder and the LoRA low-rank adaptation algorithm] / L.A. Demidova, N.A. Moroshkin // Sbornik nauchnyh statejx mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Collection of scientific articles of the International Scientific and Practical Conference]. — Minsk: BSUIR, 2024. — P. 401-406. [in Russian]