

УДК 004.896:004.584

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.47.4.002](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.47.4.002)

Обобщенная внутренняя структура умного помощника (программного робота) для оперативной поддержки принятия решений в организации

А.В. Калач^{1,2}, Т.Е. Смоленцева², Я.А. Акатьев²

¹*Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж,
Российская Федерация*

²*МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Российская Федерация*

Резюме. В статье рассмотрены особенности применения программного робота для поддержки принятия решений в организации в условиях неопределенности. Отмечено, что одной из технологий, позволяющих значительно повысить эффективность взаимодействия пользователей с цифровыми устройствами, являются умные помощники. Предложено рассматривать понятие «умный помощник» в качестве программного робота, способного анализировать данные, выявлять закономерности и предоставлять рекомендации пользователю по принятию решений. Предложены перспективные области применения умного помощника в зависимости от их функциональных особенностей, возможных каналов связей с пользователем. Рассмотрен перечень возможных вариантов синхронизации умного помощника с корпоративными информационными системами. Рассмотрены модели, позволяющие умному помощнику предоставлять функционал эффективной поддержки принятия решения. Проведен сравнительный анализ двух вариантов организации модуля поддержки принятия решения и предложены практические рекомендации использования комбинированного варианта, предусматривающего использование различных подходов для обеспечения высокоэффективной работы умного помощника. Предложены обобщенная внутренняя структура умного помощника в графическом формате и вариант классификации программных роботов по различным критериям. Предлагаемый вариант умного помощника позволяет достичь высокой точности и надежности рекомендаций при сохранении оперативности реакции программного робота на запросы пользователя и может быть использован при создании специализированных систем поддержки принятия решений, адаптированных под конкретные потребности организации.

Ключевые слова: информационная система, программный робот, обобщенная структура, классификация программных роботов, оперативный консультант, умный помощник, принятие решений.

Для цитирования: Калач А.В., Смоленцева Т.Е., Акатьев Я.А. Обобщенная внутренняя структура умного помощника (программного робота) для оперативной поддержки принятия решений в организации. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2024;12(4). URL: <https://moitvivi.ru/ru/journal/pdf?id=1615> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.47.4.002

Generalized internal structure of a smart assistant (a software robot) for operational support of decision making in the organization

A.V. Kalach^{1,2}, I.E. Smolentseva², Ya.A. Akatiev²

¹*Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, the Russian Federation*

²*MIREA – Russian Technological University, Moscow, the Russian Federation*

Abstract. The article discusses the features of using a software robot to support decision-making in an organization under uncertainty. It is noted that one of the technologies that can significantly improve

the efficiency of user interaction with digital devices is smart assistants. It is proposed to consider the concept of a "smart assistant" as a software robot capable of analyzing data, identifying patterns and providing recommendations to the user on decision-making. Promising areas of application of a smart assistant are proposed depending on their functional features and possible communication channels with the user. A list of possible options for synchronizing a smart assistant with corporate information systems is considered. Models that allow a smart assistant to provide decision support functionality are considered. A comparative analysis of two options for organizing a decision support module is carried out and practical recommendations are proposed for using a combined option that involves the use of various approaches to ensure highly efficient operation of a smart assistant. A generalized internal structure of a smart assistant in a graphical format and a variant of classifying software robots according to various criteria are proposed. The proposed version of a smart assistant allows achieving high accuracy and reliability of recommendations while maintaining the speed of the software robot's response to user requests and can be used to create specialized decision support systems adapted to the specific needs of an organization.

Keywords: information system, software robot, generalized structure, classification of software robots, operational consultant, smart assistant, decision making.

For citation: Kalach A.V., Smolentseva I.E., Akatiev Ya.A. Generalized internal structure of a smart assistant (a software robot) for operational support of decision making in the organization. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1615> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.47.4.002 (In Russ.).

Введение

Умные помощники (программные роботы) являются результатом прорывных технологий цифровизации нашей повседневной жизни. Использование всевозрастающих возможностей программного обеспечения и механизмов голосового управления программными роботами (ПР) значительно расширяют возможности традиционных технологий, например, на различных устройствах Интернета вещей, при осуществлении телефонных звонков и создании списка покупок, обеспечивая при этом интуитивное взаимодействие с пользователем с использованием голосового интерфейса. В настоящее время ПР уже активно используются для решения рутинных задач автоматизации в организациях с целью оптимизации и повышения оперативности выполнения различных процессов, что позволяет переводить сотрудников-людей на решение более высокоуровневых задач. Следует отметить, что согласно опросу, проведенному Salesforce, порядка 70 % респондентов полагают, что с помощью программного робота типа RPA (Robotic Process Automation) еженедельно каждому сотруднику возможно сэкономить более четырех часов рабочего времени [1].

Следует отметить, что рынок программных роботов в Российской Федерации демонстрирует всевозрастающие темпы развития за счет появления новых организационных систем, что связано с уходом многих иностранных организаций. При этом, большинство организаций используют роботов для работы с данными, при которой роботы способны обеспечивать обработку данных сразу с несколькими программными решениями и базами данных согласно заданному алгоритму; поддержки принятия решений, при условии, что роботы могут самостоятельно принимать решения, основанные на заранее заложенном в них алгоритме. принятие решения сопровождается строгим набором правил, а в случае возникновения исключения робот может уведомлять об этом сотрудника организации, эскалируя решение возникшей проблемы; проверки поступающей информации или генерации документов по типовым шаблонам на основе имеющихся данных; работе с неструктурированными данными либо сборе информации в полуавтономном режиме.

В последние годы технологии интеллектуальной поддержки принятия решений получили широкое распространение, способствуя взаимодействию пользователей с умными виртуальными помощниками (программными роботами) посредством голосовых команд вместо традиционных кнопок. При этом, необходимо отметить, что сферы применения программных роботов постоянно расширяются. По результатам опроса Tadviser ключевой тенденцией, востребованной пользователями RPA, является повышение эффективности принятия решения программными роботами. Такие программные роботы предполагают наличие встроенного механизма машинного обучения и несколько вариантов типовых сценариев обработки слабоструктурированных данных [2].

Следует отметить, что несмотря на широкое распространение и способность улучшать повседневную жизнь потребителей, программным роботам в процессе функционирования присущи технологические артефакты, непрозрачность принятия некоторых решений, что в конечном итоге может привести к тому, что пользователи будут сопротивляться использованию новых технологий интеллектуальной поддержки принятия решений, или вовсе прекратят их применение [3, 4].

Дополнительно осложняет ситуацию отсутствие внутренней общепризнанной классификации программных роботов по типовым моделям. Для удобства проведения исследований модернизированный тип программных роботов обозначили термином «умный помощник».

Цель исследования – обоснование обобщенной типовой внутренней структуры умного помощника (программного робота) для оперативной поддержки принятия решений в организационной системе.

Обсуждение

Для достижения поставленной цели были выявлены ключевые процессы в организации, которые возможно автоматизировать с помощью внедрения умного помощника; определены функциональные требования к обобщенному решению в виде умного помощника; обоснована роль умного помощника в организационной системе; определены ключевые модели принятия решения умным помощником; предложена обобщенная типовая внутренняя структура умного помощника. Умные помощники, как правило, содержат функциональные модули, включающие модуль рассылок, модуль обработки типовых запросов, модуль обработки нетиповых запросов, принимающий решение об ответе, а также вспомогательные модули в соответствии со спецификой предметной области. Подобный набор элементов свойственен и классической информационной системе управления взаимоотношениями с клиентами, однако в рамках управления организацией модуль обработки нетиповых запросов существенным образом видоизменяется и усложняется.

Для определения типовой структуры умного помощника заданы функциональные требования к области возможного применения, каналу взаимодействия с пользователями, требуемой структуре выполняемых процессов и информационной архитектуры в организации [5, 6].

Полагали, что умный помощник должен представлять следующий набор обязательных функций в организации:

- автоматизированные ответы на вопросы сотрудников и пользователей;
- отправка информационных рассылок;
- работа с распределенными базами данных;
- оперативное создание аналитических отчетов;
- поддержка принятия решения;

– приоритизация исполняемых процессов.

Такой помощник будет выступать в роли коммутационного узла, предоставляя автоматизированные ответы сотрудникам организации или клиентам при обращении. Модуль искусственного интеллекта позволит заранее обучить модель на основе выборки типовых запросов.

В качестве примера описанного функционала возможно выделить программного робота компании Сбер-Салют, который позиционируется как виртуальный ассистент пользователя с искусственным интеллектом. Для клиента организации такой умный ассистент осуществляет консультации по вопросам финансовых данных, поддерживает диалог на свободную тему, может предоставлять новости и включать музыку, а также быть интегрированным к технологии «Умный дом» [7].

К отличительным чертам подобного ПР возможно отнести следующие.

1. Уведомления и оповещения. SaluteBot позволяет автоматически отправлять уведомления и оповещения сотрудникам о различных событиях или обновлениях. Это может быть, например, уведомление о новом задании, рассылка новостей или оповещение о предстоящем событии. Такие сообщения могут быть отправлены в удобное для сотрудников время и через предпочитаемые ими каналы связи.

2. Опросы и голосования. С помощью SaluteBot можно создавать опросы и голосования для сотрудников. Он предоставляет возможность настраивать варианты ответов, собирать статистику и результаты голосования, а также отправлять уведомления о результатах. Это может быть полезным для сбора обратной связи, проведения опросов о предпочтениях или оценки уровня удовлетворенности.

3. Расписание и организация дел. SaluteBot позволяет создавать расписания и планировать дела для сотрудников. Робот производит напоминания о предстоящих событиях, совещаниях, важных задачах и дедлайнах.

Данный умный помощник подходит для автоматизации решения типовых задач взаимодействия с клиентами (CRM-процессы), взаимодействия с сотрудниками по кадрам (HRM-процессы), а также постановки задач, расстановки приоритетов и контроля исполнения поручений пользователями.

При этом, отдельно необходимо отметить, что для решения указанных процессов в организации умный помощник должен иметь доступ к соответствующим корпоративным информационным системам.

Для доступа к базе клиентов и сотрудников соответственно требуются CRM и HRM системы организации. Особую значимость при этом приобретает возможность передачи данных в обобщенном формате через созданную шину данных.

К дополнительным требованиям относится задача обеспечения умного помощника доступом к корпоративному portalу или программным продуктам организации для эффективного взаимодействия с пользователями в традиционном формате без использования дополнительных программных продуктов (мессенджеров или изменения привычного порядка действий пользователя).

В качестве канала передачи данных в системе «пользователь-умный помощник» и обратно рекомендуется выбрать единый способ связи, например, социальную сеть или коммуникационный продукт организации. Интеграция в социальную сеть умного помощника способствует повышению уровня доступности сервиса для пользователей в течение всего рабочего дня [8–12].

Следует отметить целесообразность интеграции системы электронного документооборота с умным помощником, что позволит в автоматическом режиме предоставлять локальные нормативные акты и поручения сотрудникам. Пример подобной интеграции выполнен в корпоративном portalе Битрикс24, где используется собственный RPA-модуль, который позволяет сотрудникам автоматизировать

выполняемые трудовые функции в режиме реального масштаба времени. Такой подход основан на no-code платформе и позволяет существенно повысить оперативность выполнения действий с рабочей документацией.

В рамках существующей организационной структуры умный помощник возможно рассматривать в качестве менеджера по работе с клиентами. В случае обращения клиента в компанию робот обрабатывает запрос и предлагает варианты решения. В большинстве компаний такой робот установлен в чатах на сайте и на телефонии. При невозможности обработки запроса робот может передавать обращение оператору колл-центра или регистрировать заявку.

Подобное решение, например, активно применяется на горячей линии мэра Москвы, где пользователи круглосуточно могут обращаться с заявками по состоянию городской среды. Умный помощник подсказывает службы для обращения и при необходимости самостоятельно регистрирует заявки.

Таким образом, рассмотрены функциональные требования, которые предъявляются к умному помощнику в контексте разных предметных областей. Дополнительно следует отметить, что выявление типовых функциональных требований позволит в дальнейшем перейти к типовой внутренней структуре умного помощника.

Для сотрудников организации в организационной структуре умный помощник становится внутренним элементом управления, то есть, приходя на рабочее место сотрудник может автоматизировано получить задачи от вышестоящего руководства через умного помощника, задать уточняющие вопросы, получить справочную и консультационную поддержку. При этом, особенность интеграции умного помощника как внутреннего элемента управления заключается в расширении функции управления коллективом и обуславливает развитие структуры управления через не прямое взаимодействие с элементами организационной системы.

С практической точки зрения появляется возможность формирования стандартизированных правил использования и внедрения умного помощника в любую организационную структуру. Необходимо отметить, что в этом случае при наличии унифицированной внутренней структуры, типовых функциональных требований, выявленного места, роли умного помощника в структуре управления, позволит осуществить проектирование конечного решения без излишних затрат на разработку и внедрение. Таким образом, актуальным является разработка и построение унифицированной структуры умного помощника для упрощения последующих процессов проектирования аналогичных цифровых продуктов.

По результатам исследования сформулированы основные области применения умного помощника, определен набор автоматизируемых бизнес-процессов, интегрируемых корпоративных информационных систем, место в организационной структуре, функциональные компоненты системы и способ взаимодействия с пользователем.

Модели и методы

Отличительной особенностью умного помощника, по нашему мнению, является наличие собственного модуля принятия решений, обеспечивающего возможность выполнения классификации и обработки запросов пользователя. Обобщенно данный модуль возможно именовать модулем поддержки принятия решений на основе методов искусственного интеллекта. Причем, в качестве модуля принятия решения могут быть использованы любые доступные методы, например, генеративные нейронные сети или алгоритмы разметки по ключевым словам.

Нейронные сети, позволяющие генерировать текст, дают возможность создавать текст на основе заранее сформированного большого банка данных, они могут свободно общаться и поддерживать любые темы. К таким нейронным сетям относятся YandexGPT, ChatGPT, GigaChat и другие варианты. Принцип работы генеративной нейронной сети основан на глубоком обучении, а именно на алгоритме Transformer, состоящем из двух основных компонентов (кодировщик и декодировщик). Следует отметить, что кодировщик обрабатывает входные данные и представляет их в виде скрытых представлений (embeddings), которые передаются в декодировщик для генерации выходных данных. Данную нейронную сеть необходимо обучить предварительно, а впоследствии дообучить на конкретных примерах из исследуемой предметной области. Таким образом, нейронная сеть за счет регулярного дообучения будет способна обрабатывать многозначные запросы. Однако данные нейронные сети являются неоднозначным решением для предоставления справочной информации, если есть необходимость безошибочного предоставления текста.

Для организации может быть важным использование умным помощником конкретных терминов или формулировок. Однако в таком случае переобучение нейронной сети потребует дополнительные высокие ресурсные затраты.

Алгоритмы разметки и обучения, по ключевым словам, используют для обработки набора вопросов, по которым затем производят разметку. К примерам систем, функционирующих по такому принципу, относятся Botfront, Rasa, Rayon AI и многие другие. На каждый вопрос система должна получить набор примеров запросов от пользователя, далее в них выделяются ключевые слова, которые позволяют однозначно определять, что пользователь задает именно этот вопрос. Модель, применяемая для реализации ответа на конкретный запрос, получает на входе набор тем, содержащих слова и фразы для обучения распознавания данной темы. При этом, каждому вопросу может быть назначен набор типовых ответов. Затем по запросу пользователя определяется какой именно вопрос из банка задан и предоставляется ответ. Следует отметить, что в результате обучения такой алгоритм может распознавать конкретные вопросы, которые задают пользователи, но не может поддерживать диалог.

Следует отметить, что такие алгоритмы позволяют однозначно корректно отвечать на запросы пользователя, легко обновлять банк типовых вариантов запросов и не будут требовать постоянного переобучения нейронной сети.

Однако такие системы функционально не применимы для обработки исключительных запросов (вопросов), которые не были заранее заложены в систему, в результате чего возможна некорректная работа или приостановление функционирования умного помощника.

Отдельной функциональной особенностью модуля принятия решений в предлагаемой структуре умного помощника является возможность параллельной обработки большого количества запросов пользователя. Алгоритм разметки позволяет параллельно обрабатывать запросы нескольких пользователей, когда как генеративной сети потребуется время на генерацию ответа каждому пользователю. Кроме того, полагаем, что целесообразным вариантом в таком случае будет объединение подходов, при которых за справочную информацию отвечает алгоритм разметки, предоставляя пользователю заранее заложенные в систему ответы на вопросы, а при низком качестве распознавания запрос (вопрос) будет направляться в генеративный модуль, характеризующийся возможностью составления прогностических ответов. Полученная модель способна одновременно отправлять запрос на обработку в генеративный алгоритм и для распознавания по ключевым словам.

В таком случае, если найденный ответ с высокой вероятностью совпадает с запросом пользователя по ключевым, то он направляется пользователю, а если

вероятность совпадения невысокая, то для продолжения диалога с пользователем возможно использован ответ, созданный генеративным алгоритмом. С учетом выявленных областей применения умного помощника и доступных моделей принятия решений предложена обобщенная внутренняя структура умного помощника организации (Рисунок 1).

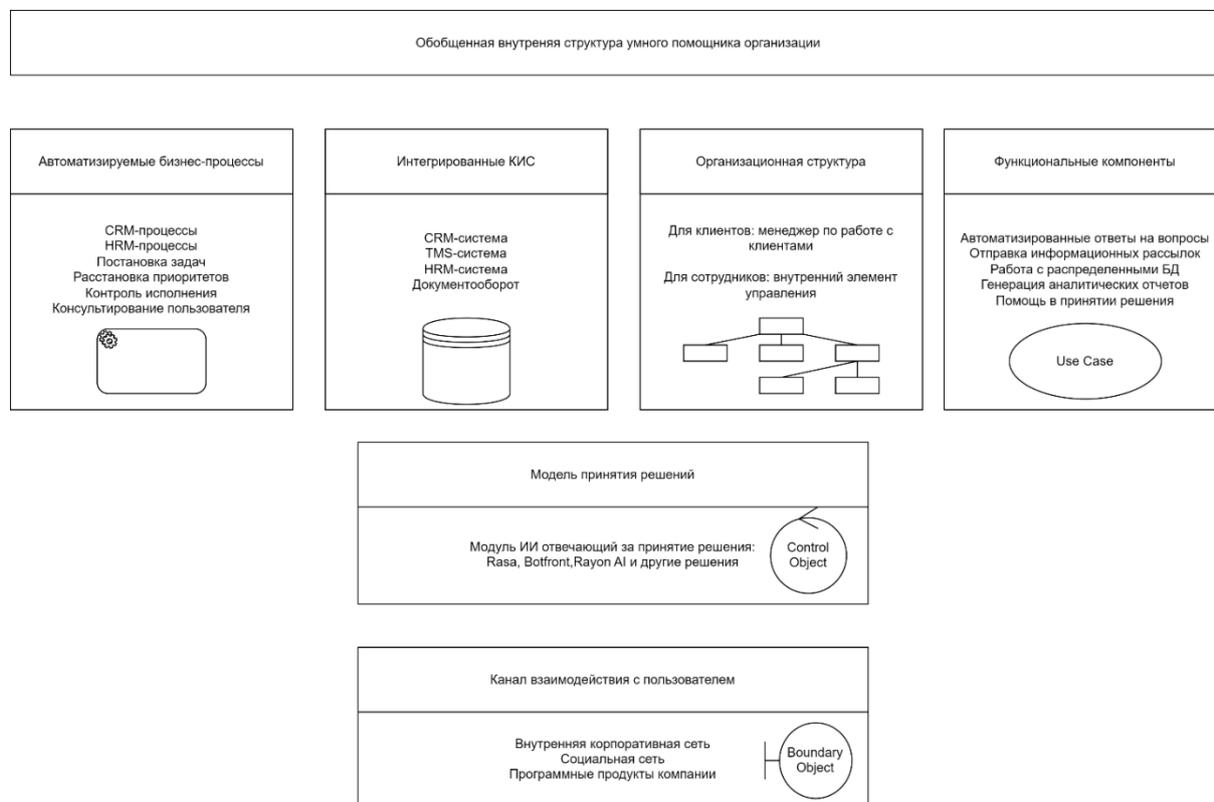


Рисунок 1 – Обобщенная внутренняя структура умного помощника организации
Figure 1 – Generalized internal structure of an organization's smart assistant

Использование обобщенной внутренней структуры при проектировании конечного решения с использованием умного помощника позволит существенно сократить временные и финансовые затраты на проектирование и разработку конечного решения.

Сформирована схема функций для обобщенной внутренней структуры умного помощника, показывающая объединение подходов для поиска ответа пользователю, проектировщику остается подобрать конечное решение для каждого модуля (Рисунок 2).

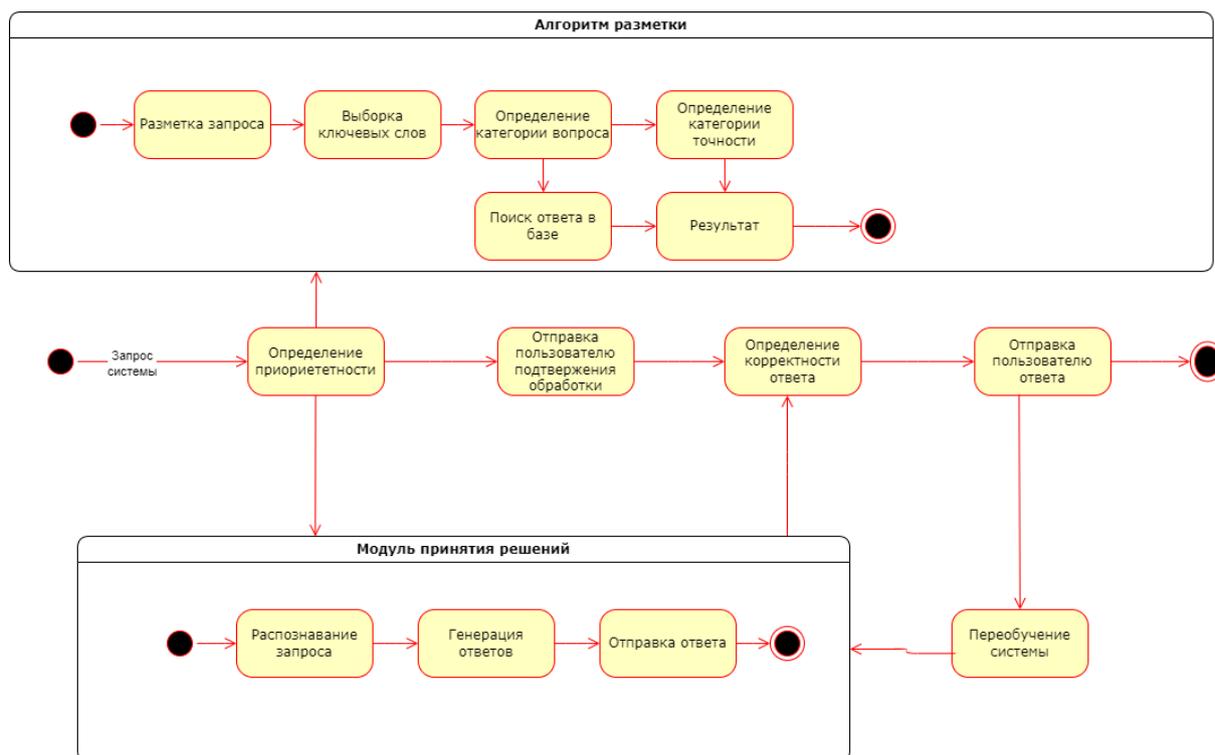


Рисунок 2 – Схема функций предлагаемой обобщенной структуры умного помощника
Figure 2 – Function scheme of the generalized structure of a smart assistant

Использование схемы позволяет выбрать конкретный из алгоритмов разметки и машинного обучения применить в конкретном цифровом продукте.

В рамках предложенного комбинированного варианта структуры умного помощника допустимо использовать как уже существующие информационные продукты, так и собственные реализации типовых алгоритмов, однако потребуются настройка дополнительной логики принятия решения. Если запросу присваивается высокий результат точности распознавания алгоритмом разметки, то ответ данного модуля должен быть приоритетным, нежели подготовленный алгоритмом генерации.

Таким образом, комбинированная связка позволит предоставлять пользователям гарантировано полезный ответ, а также с высокой вероятностью – достоверный. В рамках специфических предметных областей целесообразно производить подключение логики, которая бы не допускала предоставление недостоверных или провокационных сведений.

Приведенные схемы являются конечным решением, которое целесообразно применять при проектировании и разработке цифрового продукта с интеграцией умного помощника. В рамках проводимого исследования осуществлено обобщение возможностей модулей вероятной внутренней структуры умного помощника по следующим критериям: автоматизируемые процессы; интегрированные КИС организации, развернутые в ИТ-архитектуре организации; роли, исполняемые умным помощником в организации, с точки зрения клиентов и сотрудников; функциональные возможности умного помощника. Отдельным модулем предложено рассматривать модель принятия решения, позволяющую обобщать результаты с использованием генеративных нейронных сетей и основанных на разметке.

Предполагали, что итоговый модуль будет представлен в виде канала взаимодействия с пользователем, который каждая организация определяет самостоятельно.

Заключение

Таким образом, представлен вариант формализации типовой внутренней структуры умного помощника, представляющего собой набор функционала по поддержке принятия решений в организации. Необходимо отметить, что предлагаемый подход к разработке умных помощников позволит создать высокоэффективные и надежные системы поддержки принятия решений, что повысит качество управления исполняемыми процессами в организационной системе. При этом, формализация внутренней структуры умных помощников позволит стандартизировать подходы к их разработке и внедрению, что существенно упростит процесс обоснования выбора и варианта интеграции таких систем в организациях.

Следует отметить, что предлагаемая модель типовой внутренней структуры умного помощника позволяет достичь высокой точности и надежности рекомендаций при сохранении оперативности реакции программного робота на запросы пользователя и представляет собой основу для создания специализированных систем поддержки принятия решений, адаптированных под конкретные потребности организации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Сидоров А.В. Роботизация бизнес-процессов как инструмент повышения производительности труда сотрудников компании. *Хроноэкономика*. 2019;(4):64–68.
Sidorov A.V. Robotization of business processes as a tool to improve the performance of work of the company employees. *HronoEconomics*. 2019;(4):64–68. (In Russ.).
2. Смоленцева Т.Е., Акатьев Я.А. Концепция применения умных помощников в управлении организацией на примере института информационных технологий РТУ МИРЭА. *Труды международного симпозиума «Надежность и качество»*. 2023;1:344–347.
Smolentseva T.E., Akatiev Ya.A. The concept of using smart assistants in the management of an organization on the example of the Institute of Information Technologies of RTU MIREA. *Transactions of the International Symposium on Reliability and Quality*. 2023;1:344–347. (In Russ.).
3. Ayyagari R., Grover V., Purvis R. Technostress: Technological Antecedents and Implications. *MIS Quarterly*. 2011;35(4):831–858. <https://doi.org/10.2307/41409963>
4. Guerreiro J., Loureiro S.M.C. I am attracted to my Cool Smart Assistant! Analyzing Attachment-Aversion in AI-Human Relationships. *Journal of Business Research*. 2023;161. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113863>
5. Гурлев И.В. Цифровизация экономики России и проблемы роботизации. *Вестник евразийской науки*. 2020;12(4). URL: <https://esj.today/PDF/08ECVN420.pdf>
Gurlev I.V. Digitalization of the Russian economy and problems of robotics. *Vestnik evraziiskoi nauki*. 2020;12(4). (In Russ.). URL: <https://esj.today/PDF/08ECVN420.pdf>
6. Лобачёва А.С., Соболев О.В. Этика применения искусственного интеллекта в управлении персоналом. *E-Management*. 2021;4(1):20–28. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2021-4-1-20-28>
Lobacheva A.S., Sobol O.V. Ethics of the application of artificial intelligence in human resource management. *E-Management*. 2021;4(1):20–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2021-4-1-20-28>
7. Шермухамедов Б.А. Системы искусственного интеллекта в банковской сфере. В сборнике: *Россия: тенденции и перспективы развития: Ежегодник, 04–05 июня 2021 года, Курск, Россия*. Москва: Институт научной информации по общественным наукам Российской академии наук; 2021. С. 523–525.

8. Швецов А.Н. Новейшие информационные технологии «цифровизации экономики»: содержание, перспективы, затраты. *Труды Института системного анализа Российской академии наук*. 2021;71(2):27–35. <https://doi.org/10.14357/20790279210204>
Shvetsov A.N. The latest information technologies of "digitalization of the economy": content, prospects, costs. *Proceedings of the Institute for Systems Analysis Russian Academy of Sciences*. 2021;71(2):27–35. (In Russ.). <https://doi.org/10.14357/20790279210204>
9. Антониади К.С., Коваль О.И., Соломко Д.С. Роботизация как способ повышения эффективности бизнес-процессов. *Colloquium-Journal*. 2020;(4-2):68–69.
Antoniadi K.S., Koval O.I., Solomko D.S. Robotics as a way to improve the efficiency of business processes. *Colloquium-Journal*. 2020;(4-2):68–69. (In Russ.).
10. Malodia S., Islam N., Kaur P., Dhir A. Why Do People Use Artificial Intelligence (AI)-Enabled Voice Assistants? *IEEE Transactions on Engineering Management*. 2021;71:491–505. <https://doi.org/10.1109/tem.2021.3117884>
11. Marikyan D., Papagiannidis S., Alamanos E. "Smart Home Sweet Smart Home": An Examination of Smart Home Acceptance. *International Journal of E-Business Research*. 2021;17(2). <https://doi.org/10.4018/IJEBR.2021040101>
12. Lau J., Zimmerman B., Schaub F. Alexa, Are You Listening?: Privacy Perceptions, Concerns and Privacy-seeking Behaviors with Smart Speakers. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*. 2018;2(CSCW). <https://doi.org/10.1145/3274371>
13. Raff S., Rose S., Huynh T. Perceived creepiness in response to smart home assistants: A multi-method study. *International Journal of Information Management*. 2024;74. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102720>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, профессор, почетный работник сферы образования Российской Федерации, заведующий кафедрой информационных технологий, моделирования и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: a_kalach@mail.ru

ORCID: [0000-0002-8926-3151](https://orcid.org/0000-0002-8926-3151)

Andrey V. Kalach, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Honorary Educator of the Russian Federation, Head of the Department of Information Technologies, Modeling and Management, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, the Russian Federation.

Смоленцева Татьяна Евгеньевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры практической и прикладной информатики, МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Российская Федерация.

e-mail: smolenceva@mirea.ru

ORCID: [0000-0003-4810-8734](https://orcid.org/0000-0003-4810-8734)

Tatyana E. Smolentseva, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Practical and Applied Informatics, MIREA – Russian Technological University, Moscow, the Russian Federation.

Акатьев Ярослав Алексеевич, ассистент кафедры практической и прикладной информатики, МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Российская Федерация.

e-mail: akatev@mirea.ru

Yaroslav A. Akatiev, Assistant of the Department of Practical and Applied Informatics, MIREA – Russian Technological University, Moscow, the Russian Federation.

ORCID: [0009-0003-7047-4551](https://orcid.org/0009-0003-7047-4551)

*Статья поступила в редакцию 24.08.2024; одобрена после рецензирования 15.09.2024;
принята к публикации 04.10.2024.*

*The article was submitted 24.08.2024; approved after reviewing 15.09.2024;
accepted for publication 04.10.2024.*