

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

УДК 378.14, 376.352, 004.52, 004.89

DOI: 10.17853/1994-5639-2024-3-149-175

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ГОЛОСОВОЙ ПОМОЩНИК КАК ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОЛОГИИ ИНКЛЮЗИВНОГО ДИЗАЙНА

А. А. Захаров¹, И. Г. Захарова², А. М. Шабалин³, Ш. И. Ханбеков⁴, Д. Б. Джалилзода⁵

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия.

E-mail: ¹a.a.zakharov@utmn.ru; ²i.g.zakharova@utmn.ru; ³sham.omsk@gmail.com;

⁴s.i.khanbekov@utmn.ru; ⁵d.jalilzoda@vk.com

Аннотация. Введение. Развитие методов и технологий искусственного интеллекта, направленных на распознавание речи, способствует созданию специализированных программ – голосовых помощников, способных вести диалог на естественном языке. Особую актуальность такие сервисы имеют в инклюзивном образовании – для поддержки студентов с ограниченными возможностями по зрению. Исследование посвящено проблеме индивидуализированного сопровождения самостоятельной работы студентов на основе голосового помощника, обусловленной противоречием между широким распространением в бизнес-сфере и быту разнообразных вопросно-ответных систем (в том числе и с голосовым интерфейсом), с одной стороны, и недостаточной изученностью их дидактических возможностей, с другой стороны.

Цель статьи – исследование и практическая реализация методологии инклюзивного дизайна на цифровых образовательных ресурсах на примере создания интеллектуального голосового помощника для самостоятельной работы студентов по курсу «Компьютерные сети».

Методология, методы и методики. Исследование опирается на методологию инклюзивного дизайна в сочетании с онтологическим подходом применительно к созданию цифровых образовательных ресурсов, методы распознавания речи, методы проектирования интеллектуальных систем и баз знаний, методы и технологии проектирования и реализации автоматизированных обучающих систем с обратной связью. Для распознавания вопросов, поиска ответов и поддержки диалогов, осуществляемых голосовым помощником, применялись методы анализа текстов на естественном языке и модели классификации, созданные с помощью методов машинного обучения.

Результаты. Были разработаны и обоснованы требования, которым должен удовлетворять цифровой образовательный ресурс в соответствии с принципами инклюзивного дизайна, связывающие онтологический подход к разработке контента, автоматическое индивидуализированное сопровождение обучающихся и мониторинг достижения образовательных результатов. В соответствии с сформулированными требованиями разработан интерактивный компьютерный сервис – интеллектуальный голосовой помощник, обеспечивающий сопровождение самостоятельной работы студентов при выполнении практических заданий, на примере курса «Компьютерные сети». Сервис поддерживает голосовой ввод и последующую интерпретацию вопросов, поиск ответов в

базе знаний с голосовым выводом результата, а также реализует выполнение операций по определенным правилам.

Научная новизна. Уточнено содержание понятия «инклюзивный дизайн» в контексте цифровых образовательных ресурсов, когда в качестве ключевой особенности выступает нацеленность на постоянное совершенствование дидактических возможностей конкретного продукта. Показано, что этого можно достичь благодаря концептуально обоснованной структуре контента и изначально предусмотренной обратной связи. Этот подход подтвердил свою результативность при проектировании интеллектуального голосового помощника, предназначенного для ответов на вопросы студентов и для автоматического выполнения операций на компьютере.

Практическая значимость. Использование голосового помощника студентами Института математики и компьютерных наук Тюменского государственного университета в процессе изучения дисциплины «Компьютерные сети» показало актуальность разработки аналогичных вопросно-ответных систем для сопровождения самостоятельной работы студентов, в том числе с ограниченными возможностями по зрению, в условиях онлайн и смешанного обучения. Разработанный сервис носит универсальный характер и может использоваться с любыми базами знаний, обеспечивающими ответы на вопросы студентов.

Ключевые слова: инклюзивный дизайн, цифровой образовательный ресурс, голосовой помощник, студенты с ограниченными возможностями по зрению, вопросно-ответная система, онтология, интерпретация данных, искусственный интеллект.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю признательность анонимным рецензентам, сделавшим ряд ценных замечаний.

Для цитирования: Захаров А. А., Захарова И. Г., Шабалин А. М., Ханбеков Ш. И., Джалилзода Д. Б. Интеллектуальный голосовой помощник как пример реализации методологии инклюзивного дизайна // Образование и наука. 2024. Т. 26, № 3. С. 149–175. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-3-149-175

INTELLIGENT VOICE ASSISTANT AS AN EXAMPLE OF INCLUSIVE DESIGN METHODOLOGY IMPLEMENTATION

A. A. Zakharov¹, I. G. Zakharova², A. M. Shabalin³, Sh. I. Khanbekov⁴, D. B. Dzhililzoda⁵
University of Tyumen, Tyumen, Russia.

E-mail: ¹a.a.zakharov@utmn.ru; ²i.g.zakharova@utmn.ru; ³a.m.shabalin@utmn.ru;
⁴s.i.khanbekov@utmn.ru; ⁵d.jalilzoda@vk.com

Abstract. Introduction. The development of artificial intelligence methods and technologies aimed at speech recognition contributes to the creation of specialised programmes – namely voice assistants – which are capable of conducting a dialogue in natural language. Such services are of particular relevance in inclusive education in order to support students with visual impairments. The research problem lies in the individualised support of students' independent work based on a voice assistant and is determined by the contradiction between the widespread use of various question-answer systems in business and everyday life (including those with a voice interface), on the one hand, and insufficient knowledge their didactic possibilities, on the other hand.

Aim. The present research aims to investigate and practically implement the methodology of inclusive design of digital educational resources on the example of creating an intelligent voice assistant for students' independent work in the course "Computer Networks".

Methodology and research methods. The current research is based on the methodology of inclusive design in combination with an ontological approach in relation to the creation of digital educational resources, speech recognition methods, methods for designing intelligent systems and knowledge bases, methods and technologies for designing and implementing automated learning systems with feedback.

To recognise questions, search for answers, and support dialogues carried out by a voice assistant, the authors applied natural language text analysis methods and classification models created using machine learning methods.

Results. The authors have developed and substantiated the requirements that a digital educational resource must meet in accordance with the principles of inclusive design, linking an ontological approach to content development, automatic individualised support for students, and monitoring the achievement of educational results. According to the formulated requirements, the authors have developed an interactive computer service – an intelligent voice assistant that provides support for students’ independent work when performing practical tasks, using the “Computer Networks” course as an example. The service supports voice input and subsequent interpretation of questions, search for answers in the knowledge base with voice output of the result, and implements the execution of operations according to certain rules.

Scientific novelty. The authors have clarified the content of the concept of “inclusive design” in the context of digital educational resources, when the key feature is the focus on continuous improvement of the didactic capabilities of a particular product. The authors have shown that this can be achieved through a conceptually based content structure and initially provided feedback. This approach has proven to be effective in designing an intelligent voice assistant to answer student questions and to automatically perform operations on a computer.

Practical significance. The use of a voice assistant by students of the Institute of Mathematics and Computer Science of the University of Tyumen in the process of studying the course “Computer Networks” demonstrated the relevance of developing similar question-answering systems to accompany the independent work of students, including those with visual impairments in online and blended learning. The developed service is universal and can be used with any knowledge base that provides answers to students’ questions.

Keywords: inclusive design, digital educational resource, voice assistant, visually impaired students, question-answering system, ontology, data interpretation, artificial intelligence.

Acknowledgements. The authors would like to express their sincere gratitude to the anonymous reviewers who provided valuable comments.

For citation: Zakharov A. A., Zakharova I. G., Shabalin A. M., Khanbekov Sh. I., Dzhililzoda D. B. Intelligent voice assistant as an example of inclusive design methodology implementation. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2024; 26 (3): 149–175. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-3-149-175

ASISTENTE DE VOZ INTELIGENTE COMO EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE DISEÑO INCLUSIVO

A. A. Zájárov¹, I. G. Zájárova², A. M. Shabalín³, Sh. I. Janbékov⁴, D. B. Dzhililzoda⁵

Universidad Estatal de Tiumén, Tiumén, Rusia.

E-mail: ¹a.a.zakharov@utmn.ru; ²i.g.zakharova@utmn.ru; ³a.m.shabalin@utmn.ru;

⁴s.i.khanbekov@utmn.ru; ⁵d.jalilzoda@vk.com

Abstracto. Introducción. El desarrollo de métodos y tecnologías de inteligencia artificial destinados al reconocimiento de voz contribuye a la creación de programas especializados: asistentes de voz capaces de dialogar en un lenguaje natural. Tales servicios son de particular importancia a la hora de hablar de la educación inclusiva, puesto que se convierten en un gran apoyo para los estudiantes con discapacidad visual. El estudio ha sido dedicado al problema del apoyo individualizado respecto al trabajo independiente de los estudiantes, basado en un asistente de voz, provocado por la contradicción entre el uso generalizado de algunos sistemas de preguntas y sistemas en los negocios y en la vida cotidiana (incluidos

los que tienen una interfaz de voz), por un lado, y la falta de conocimiento suficiente de sus capacidades didácticas, por otro lado.

Objetivo. El propósito del artículo es la investigación e implementación práctica de una metodología para el diseño inclusivo de recursos educativos digitales utilizando como ejemplo, la creación de un asistente de voz inteligente para el trabajo independiente de los estudiantes de la asignatura “Redes de Computadores”.

Metodología, métodos y procesos de investigación. La investigación está soportada en la metodología del diseño inclusivo en combinación con un enfoque ontológico orientado hacia la creación de recursos educativos digitales, así como también, basado en métodos de reconocimiento de voz, métodos para el diseño de sistemas inteligentes y bases de conocimiento, en métodos y tecnologías para el diseño e implementación de sistemas de enseñanza automatizados con comentario. Para ello, se han utilizado métodos de análisis de texto en lenguaje natural y modelos de clasificación, creados mediante métodos de aprendizaje automático para reconocer preguntas, encontrar respuestas y respaldar los diálogos realizados por el asistente de voz.

Resultados. Fueron elaborados y justificados los requisitos que debe satisfacer un recurso educativo digital de acuerdo con los principios del diseño inclusivo, vinculando un enfoque ontológico al desarrollo de contenidos, el apoyo automático individualizado a los estudiantes y el seguimiento del logro de los resultados educativos. De acuerdo con los requisitos formulados, se ha desarrollado un servicio informático interactivo, es decir, un asistente de voz inteligente que brinda apoyo al trabajo independiente de los estudiantes al realizar tareas prácticas, utilizando como ejemplo el curso “Redes informáticas”. El servicio admite la entrada de voz y la posterior interpretación de preguntas, la búsqueda de respuestas en la base de conocimientos con la salida de voz del resultado y, también implementa operaciones de acuerdo a ciertas reglas.

Novedad científica. Se ha aclarado el contenido del concepto de “diseño inclusivo” en el contexto de los recursos educativos digitales, cuando la característica clave es el enfoque en la mejora continua de las capacidades didácticas de un producto en particular. Se ha demostrado, que esto se puede lograr mediante una estructura de contenido conceptualmente sólida y a la retroalimentación mutua en doble dirección. Este enfoque ha demostrado su eficacia en el diseño de un asistente de voz inteligente diseñado para responder a las preguntas de los estudiantes y realizar automáticamente operaciones informáticas.

Significado práctico. El uso de un asistente de voz por parte de los estudiantes del Instituto de Matemáticas e Informática de la Universidad Estatal de Tiumén durante el estudio de la disciplina “Redes de Computadoras” mostró la relevancia de desarrollar sistemas similares de preguntas y respuestas para apoyar el trabajo independiente de los estudiantes, incluidos aquellos con discapacidad visual, en condiciones de aprendizaje en línea y semipresencial. El servicio desarrollado es de naturaleza universal y se puede utilizar con cualquier base de conocimientos que proporcione respuestas a las preguntas de los estudiantes.

Palabras claves: diseño inclusivo, recurso educativo digital, asistente de voz, estudiantes con discapacidad visual, sistema de preguntas y respuestas, ontología, interpretación de datos, inteligencia artificial.

Agradecimientos. Los autores expresan su sincero agradecimiento a los revisores anónimos que aportaron con una serie de comentarios valiosos para complimentar este estudio.

Para citas: Зайárov А. А., Зайároва И. Г., Шабалин А. М., Янбéков Ш. И., Джаллilзода Д. Б. Ассистенте де вoз интeллигентe кoмo eжeмплo дe имплeмeнтaциoнe дe oнa мeтoдoлoгiя дe дизeño инклюдивнo. *Образованиe и нaукa = Eдyкaциoн и Cиeнциa*. 2024; 26 (3): 149–175. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-3-149-175

Введение

Последнее десятилетие характеризуется интенсивным развитием возможностей человеко-машинного интерфейса различных компьютерных систем – от стационарных компьютеров до смартфонов. В дополнение к tradi-

ционному графическому монитору и клавиатуре с мышью все возрастающее значение приобретают интерфейсы с сенсорными функциями и различными датчиками, определяющими новый уровень взаимодействия пользователя с компьютерными программами. Особое место здесь занимают методы и технологии распознавания речи, способствующие созданию голосовых помощников – компьютерных программ, «понимающих» определенные команды на естественном языке и поддерживающих вполне разумные диалоги с пользователем. Именно свободная формулировка вопросов или заданий, без требования придерживаться строгих правил, сделала столь популярными таких голосовых помощников, как Алиса, Alexa, Siri, Google Assistant и др. Они нашли уже очень широкое применение не только для получения разнообразной информации и выполнения различных действий на компьютере или другом устройстве, но и для поддержки технологий умного дома. Специально обученные чат-боты выполняют роль call-центров государственных, муниципальных и коммерческих структур и организаций. В то же время возможности и особенности применения этих новых технологий в образовании еще изучены не в полной мере.

Внедрение массовых открытых онлайн курсов (МООК), в которых широко используются информационные технологии для реализации разнообразных сценариев обучения, учитывающих потребности и возможности отдельных обучающихся, изменило представление о содержании и формах самостоятельной работы. Появилась возможность просматривать учебные видеоматериалы в удобном темпе, получать необходимые подсказки и ответы на вопросы при выполнении заданий и т. д. Тем не менее, возникает вопрос, можно ли сделать обучение еще в большей степени личностно-ориентированным?

Голосовые помощники могут стать именно *личными* помощниками, оперативно поддерживая обучающихся для разрешения именно их специфических учебных проблем. При этом от целей, поставленных перед разработчиками этих программ, зависит то, какие трудности будут преодолеваются: связанные непосредственно с содержанием курса и/или с особенностями обучающихся, затрудняющими достижение запланированных образовательных результатов. Определенным толчком для настоящего исследования послужила проблема второго типа, а именно: возникла необходимость обеспечить гибкую и оперативную поддержку в самостоятельной работе студентам с ограниченными возможностями по зрению, обучающимся в Институте математики и компьютерных наук Тюменского государственного университета. Однако в дальнейшем выяснилось, что соответствующая поддержка очень востребована многими студентами младших курсов в целом, что определило комплексность проблемы исследования – индивидуализированное сопровождение самостоятельной работы студентов на основе голосового помощника. Поэтому в основу идеи решения проблемы были положены принципы *инклюзивного дизайна* [1] – особого подхода к проектированию и разработке разнообразных продуктов (в том числе и компьютерных программ), для того чтобы они были доступны как можно большему числу людей.

Цель настоящего исследования – уточнение методологии инклюзивного дизайна в контексте цифровых образовательных ресурсов и ее практическая реализация на примере создания интеллектуального голосового помощника для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Компьютерные сети».

В соответствии с целью были поставлены следующие **исследовательские вопросы**:

1. Какие уточнения содержания понятия «инклюзивный дизайн» возможны в контексте образования в целом и цифровых образовательных ресурсов в частности?

2. Каким необходимым требованиям должен удовлетворять цифровой образовательный ресурс, отвечающий принципам инклюзивного дизайна?

3. Какие методы и технологии позволяют создать интеллектуального голосового помощника, практически реализующего методологию инклюзивного дизайна?

Гипотеза исследования заключается в предположении возможности использования методологии инклюзивного дизайна для создания специального программного продукта – голосового помощника, позволяющего обеспечить интерактивную поддержку возможно большему числу обучающихся при выполнении самостоятельной работы.

Ограничения исследования связаны с тем, что при разработке алгоритма предоставления рекомендаций и их содержания мы использовали особенности учебных дисциплин, связанных с изучением информационных и коммуникационных технологий. Для этих дисциплин характерно наличие прозрачной онтологии предметной области и естественной алгоритмичности изучения материала и выполнения заданий. Это закономерно упрощает моделирование работы голосового помощника.

Обзор литературы

В условиях цифровизации экономики растет не только потребность в ИТ-специалистах, но и возрастают требования к цифровым компетенциям во всех сферах деятельности. Это, в свою очередь, меняет требования к доступности соответствующих цифровых образовательных ресурсов. В этом контексте все большую роль должен играть инклюзивный дизайн электронных курсов, обучающих программ и других материалов, предназначенных для самостоятельной учебной деятельности. В общем случае с содержанием понятия «инклюзивный дизайн» отечественные¹ и зарубежные [1] официальные документы связывают как деятельность по проектированию функциональных свойств продуктов и услуг, так и ее результат (продукт или услуга), который благодаря особому подходу к этому проектированию может использоваться максимально возможным числом потребителей без специальной адаптации.

¹ ГОСТ Р 56645.2–2015 Системы дизайн-менеджмента. Руководство по управлению инклюзивным дизайном. М.: Стандартинформ, 2016. 48 с.

Несмотря на многоплановость содержания термина, инклюзивный дизайн (ИД) начиная с исследований P. J. Clarkson, R. Coleman, H. Dong с соавторами [2, 3] чаще связывали со свойствами «материальной» среды, изучая проблемы обеспечения ее доступности. Этот же дискурс присутствовал в работах о месте ИД в образовании. Так, С. В. Котов [4] говорит об ИД с позиции инфраструктуры образовательного учреждения. При этом вместо данного термина при исследовании собственно инклюзивного образования З. И. Лаврентьева и О. А. Лаврентьева используют понятие «универсальный дизайн», говоря не только об организации «воспитательной среды школы» [5, с. 86], но и собственно обучения. В этом случае с понятием универсального дизайна связывают вариативность образовательных ресурсов, технологий обучения, способов и форм предоставления учебной информации, благодаря чему обеспечивают доступность и равные возможности в получении образования для различных категорий обучающихся [6, 7]. Однако в свое время Н. Persson, Н. Ahman с соавторами разграничили оба этих понятия, отмечая приоритет цели для универсального дизайна и принципиальную важность постоянного совершенствования продукта (в нашем случае образовательного ресурса) с учетом потребностей разнообразных пользователей, когда речь идет об инклюзивном дизайне [8].

В настоящем исследовании мы придерживаемся именно такой интерпретации данного понятия, определяя *ИД цифрового образовательного ресурса как процесс и результат его моделирования, проектирования и программной реализации, предусматривающие дальнейшее совершенствование его дидактических возможностей на основе обратной связи с обучающимися*. Отвечая таким образом на первый из исследовательских вопросов (R1), также важно подчеркнуть, что создание образовательного ресурса для широкого круга пользователей, но с учетом проблем, возникающих у обучающихся с ограниченными возможностями, не должно снижать его результативность в целом. Напротив, само изменение подхода к разработке, изначально предусмотренная возможность развития и «эмпатичность» результата придают такому образовательному ресурсу новые качества – очень важные и для студентов, и для преподавателей.

Изучая вопросы реализации как универсального, так и инклюзивного дизайна образовательных ресурсов, исследователи разных стран отмечают несомненную роль использования информационных технологий. При этом в работах А. Morina [9], P. S. Mohammed и E. Nell'Watson [10] особое внимание обращается на эффективность ИТ – как для общего развития обучающихся с ограниченными возможностями, так и для освоения ими предметных компетенций.

Отдельное направление в развитии ИД образовательных ресурсов связано с информационными технологиями, ориентированными на поддержку слабовидящих обучающихся. Так, E. Pacheco, M. Lips, P. Yoong [11] подчеркивают роль ИТ как на этапе подготовки к образовательному процессу вуза, так и в процессе получения высшего образования. Особое место здесь занимают

системы и среды обучения, поддерживающие голосовой интерфейс, который ориентирован не только на воспроизведение текстов (W. Farhan, J. Razmak [12]), но и на обеспечение обратной связи обучающихся с преподавателем. В работах А. А. Azeta, O. Daramola [13], I. H. N. Dharmasena and J. A. D. C. A. Jayakody [14] обсуждаются условия применения подобных интерфейсов при проведении контрольных мероприятий. А. Rajagopal, N. Vedamanickam [15] рассматривают организацию сбора вопросов, возникающих у обучающихся, с помощью голосового чат-бота. Вместе с тем интеграция всех перечисленных функциональных возможностей в едином сервисе – голосовом помощнике для сопровождения образовательного процесса при изучении теоретического материала или выполнении практического задания делает его востребованным не только слабовидящими обучающимися. Как отмечают N. González-Castro с соавторами [16], в условиях, когда получили широкое распространение бытовые голосовые интерфейсы, студенты младших курсов результативно используют специализированных голосовых помощников (в частности, при изучении программирования). При этом особую роль в обеспечении индивидуализированного сопровождения образовательного процесса играют методы искусственного интеллекта, позволяющие наиболее точно интерпретировать вопросы студентов и формировать адекватные ответы и рекомендации – не только в виде текстов (O. Namal, N. E. Faddouli [17]), но и индивидуально подобранных видеофрагментов (S. Jung с соавторами [18]).

Таким образом, анализ современного состояния исследований свидетельствует об актуальности изучения вопросов использования методологии инклюзивного дизайна в образовательных целях. В частности, речь идет о повышении доступности материалов и традиционного, и электронного учебного курса благодаря дополнительному сервису – голосовому помощнику, позволяющему обеспечить интерактивную поддержку не только студентов с ограниченными возможностями по зрению, но возможно большего числа обучающихся.

Методология, материалы и методы

Объектом настоящего исследования является индивидуализированная поддержка самостоятельной работы студентов с позиций инклюзивного дизайна образовательных ресурсов. В качестве предмета исследования выступают теоретические и практические аспекты создания развивающегося в процессе использования голосового помощника, предназначенного для интерактивного сопровождения самостоятельной работы возможно наибольшего числа обучающихся, в том числе студентов с ограниченными возможностями по зрению.

Материалами исследования при проектировании и практической реализации голосового помощника послужили обобщенные данные, отражающие наш более чем 10-летний опыт использования различных дидактических материалов по группе дисциплин, связанных с изучением вопросов проектирования и

администрирования компьютерных сетей. В их числе тексты и видео-лекции, материалы для проведения виртуальных лабораторных практикумов, задания для текущего еженедельного контроля на основе автоматического оценивания теоретических знаний и практических навыков. Преподавание указанных дисциплин для различных образовательных программ, реализуемых в Институте математики и компьютерных наук Тюменского университета, позволило выявить наиболее проблемные ситуации, в которых студентам требуется интерактивное сопровождение. Дополнительным стимулом для такого выбора материалов исследования послужило включение курса «Компьютерные сети» в число обязательных дисциплин в рамках реализации Тюменским университетом обучения по схеме «2+2», когда первые два года студенты бакалавриата (в частности, ежегодно более 1000 студентов Института математики и компьютерных наук и ряда естественнонаучных направлений из других подразделений) обучаются по единому учебному плану. В этих условиях в самостоятельной работе закономерно предполагается активное использование различных цифровых ресурсов (видео-лекции, виртуальные практикумы, системы тестирования). При этом обеспечение оперативного педагогического сопровождения каждого студента затруднительно без использования интерактивных компьютерных помощников, готовых ответить на наиболее актуальные вопросы. Основным материалом для создания и «запуска» голосового помощника послужил предварительно сформированный банк из более 150 часто задаваемых вопросов с ответами, соотнесенных с конкретными темами, изучаемыми в них понятиями и этапами выполнения практических заданий. В дальнейшем набор вопросов был расширен до 217 – на основе тех, которые задавались помощнику в процессе его использования студентами, изучавшими дисциплину «Компьютерные сети». В качестве дополнительных материалов использовались обобщенные результаты наблюдений за особенностями восприятия словесных объяснений при выполнении практических заданий по администрированию компьютерных сетей студентами с ограниченными возможностями по зрению (5 человек) в течение 2020–2023 гг.

Исследование опиралось на методологию инклюзивного дизайна применительно к созданию электронных образовательных ресурсов, методы сбора и анализа данных образовательного процесса, методы обработки и анализа текстов на естественном языке, методы концептуального моделирования, методы и технологии проектирования и реализации автоматизированных обучающих систем, в частности, интеллектуальных вопросно-ответных систем с голосовым интерфейсом.

Разработка программного обеспечения для реализации функций голосового помощника использовались свободно распространяемые библиотеки: для автоматического распознавания речи – Vosk [19], анализа текстов Natural Language Tool Kit [20] и SciKit Learn [21].

Результаты исследования

Требования к цифровому образовательному ресурсу

В контексте сформулированных исследовательских вопросов в первую очередь мы сосредоточились на вопросе R2, а именно: каким требованиям должен удовлетворять цифровой образовательный ресурс (в данном случае предназначенный для поддержки самостоятельной работы студентов) в соответствии с принципами инклюзивного дизайна?

Для любого цифрового ресурса его структура и связанный с нею контент, а также технологии реализации определяются его предназначением, в данном случае – получением конкретных образовательных результатов. Мы исходили из наиболее сложного случая, когда условия обучения характеризуются существенными различиями уровня начальной подготовки студентов и большим числом преподавателей, обеспечивающих проведение практических занятий. Поэтому для обеспечения своевременной поддержки обучающихся необходимо ясное понимание (как обучающимися, так и педагогами) требуемого и реально достигнутого уровня усвоения дисциплины (и возникающих сложностей) непосредственно в процессе ее изучения.

Следуя нашему пониманию сущности ИД, мы сформулировали соответствующие требования в следующем виде:

1. Структура и содержание контента, связанного с цифровым ресурсом (справочных материалов, записей или текстов лекций и практических заданий и т. п.), базируются на концептуальной модели, или онтологии, конкретной предметной области. Опора на онтологию помогает сохранять преемственность в развитии цифрового ресурса или при разработке нового курса. Эта модель также служит основой для формирования индивидуальной дорожной карты изучения дисциплины, с которой, в свою очередь, соотнесены планируемые образовательные результаты. Последние структурированы в соответствии с определенными априори уровнями освоения (например, традиционными «базовым», «основным» и «продвинутым») и могут корректироваться в индивидуальном порядке в пределах этих уровней.

2. Предусматривается индивидуализированная автоматическая поддержка самостоятельной работы студента с цифровым ресурсом. Такая поддержка может выражаться в возможности задать вопрос специальному сервису (чат-боту, голосовому помощнику) и получить автоматически сгенерированный адекватный ответ, а также поручить выполнение операций на компьютере или связанном с ним оборудовании по запросу студента при выполнении практических заданий.

3. В разрезе индивидуальных дорожных карт проводится мониторинг достигнутых образовательных результатов, собираются и анализируются данные цифрового следа студента. Важное место здесь занимают вопросы, заданные студентами помощнику, а также содержание диалогов для уточнения запросов на выполнение операций. Соблюдение первого требования позволяет соотне-

сти текущие образовательные результаты и возникшие вопросы с конкретными концептами предметной области.

В результате использования цифрового образовательного ресурса, отвечающего вышеперечисленным требованиям, можно получить преимущества и для студентов, и для преподавателей:

Для студентов – усвоение дисциплины в разрезе основных концепций предметной области и связей между ними. Онтология, представленная в наглядном виде, поможет студентам лучше понять, как различные понятия, операции, методы связаны друг с другом. Это может улучшить понимание содержания отдельных тем, дисциплины в целом, а также сути планируемых образовательных результатов. Как следствие, это помогает грамотно формулировать вопросы и задания помощнику. Использование последнего делает цифровой ресурс действительно «эмпатичным», позволяя студентам (в том числе с ограниченными возможностями по зрению) обращаться за поддержкой на всех этапах самостоятельной работы.

Для преподавателей – целесообразность организации дидактических материалов. Опора на конкретную онтологию помогает поэтапно разрабатывать и дополнять цифровые ресурсы, не нарушая общей целостности теоретических и практических материалов. При проведении занятий преподаватели, даже использующие различные методические приемы, опираются на фундаментальные взаимосвязи концептов области знания и планируемых образовательных результатов. Помощник не только высвобождает время преподавателя, но и обеспечивает важную обратную связь. Вместе с традиционными данными мониторинга информация о заданных вопросах используется для выявления степени сложности отдельных заданий, тем, а также понятности их изложения в курсе. Это позволяет формировать рекомендации для студентов, преподавателей, а также разработчиков курса и/или отдельных материалов.

Методы и технологии реализации голосового помощника

Отталкиваясь от сформулированных требований к цифровому образовательному ресурсу, мы исследовали вопрос (R3) о выборе методов и технологий, позволяющих практически реализовать методологию инклюзивного дизайна путем создания интеллектуального голосового помощника.

Особенности проектирования голосового помощника связаны, в первую очередь с тем, чтобы именно благодаря его использованию качественное сопровождение самостоятельной работы студентов было доступно как можно большему числу студентов. Это определило задачи, решение которых возлагается на данный сервис:

- Голосовой или текстовый ввод вопроса.
- Поиск ответа на вопрос в базе знаний.
- Отправка текста вопроса определенному преподавателю в случае отсутствия ответа в базе знаний.
- Получение ответа от преподавателя и занесение в базу знаний.
- Голосовой или текстовый ответ на вопрос.

- Голосовой или текстовый ввод запроса на автоматическое выполнение определенных действий на компьютере.
- Проверка корректности запроса и определение необходимой последовательности действий по базе знаний.
- Выполнение действий на компьютере для корректного запроса.
- Голосовое или текстовое сообщение о результатах выполнения.
- Сбор данных о поступающих вопросах (запросах на выполнение) и сохранение в базе данных для последующего анализа.

Как видно из перечня задач, ключевым компонентом для их решения выступает база знаний. В нашем случае она формируется последовательно, в процессе взаимодействия обучающихся с помощником.

Мы исходили из того, что она должна включать три предварительно сформированных компонента. Во-первых, это онтология предметной области, охватываемой дисциплиной «Компьютерные сети». Она отражает основные понятия и связи между ними, а также правила выполнения базовых операций, в данном случае тех, которыми должен владеть начинающий администратор компьютерной сети. На рис. 1 показано визуальное представление части онтологии, связанной с базовыми понятиями защиты данных при их передаче в сети.

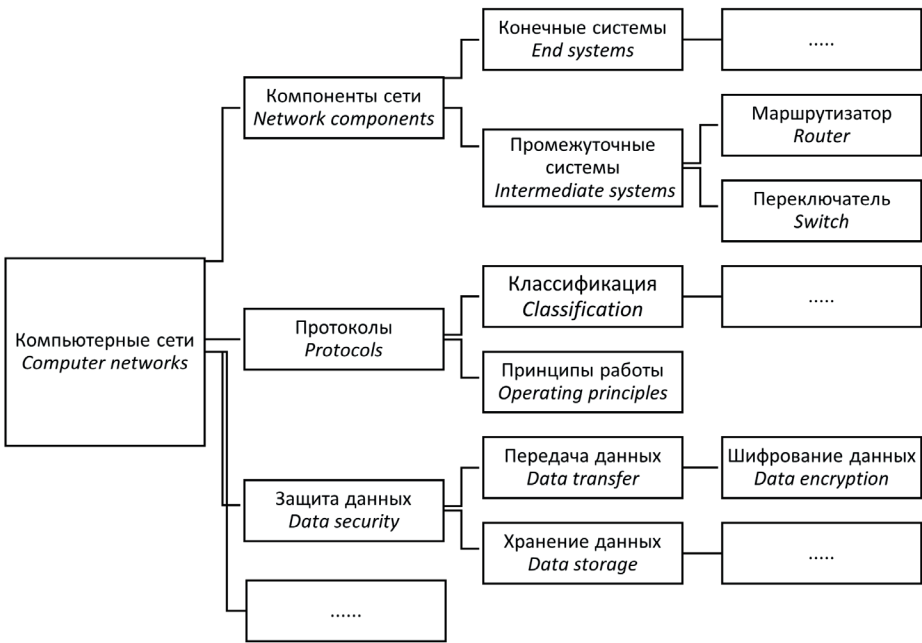


Рис. 1. Фрагмент онтологии «Компьютерные сети»

Fig. 1. Fragment of ontology “Computer networks”

Следующий компонент содержит набор пар текстов: вопросы, наиболее часто (по мнению экспертов-преподавателей) возникающие у студентов, с соответствующими ответами. Эти вопросы соотнесены с предметной онтологией через ключевые слова. Третий компонент ориентирован на автоматическое выполнение действий на компьютере по запросу студента. Он включает набор правил (мини-онтологий) для интерпретации запроса и проверки его корректности, а также сценариев действий, которые запускаются для корректных запросов.

В ходе использования студентами помощника происходило развитие его возможностей – благодаря расширению базы знаний. Она пополнилась ответами преподавателей на новые, не предусмотренные изначально вопросы. Кроме того, фиксировалось число обращений по вопросам, связанным с определенными понятиями или операциями, а также по запросам на выполнение тех или иных действий. Эта информация использовалась как для необходимой коррекции и дополнения ответов в базе знаний, так и непосредственно для изменения содержания теоретических и практических материалов, предоставляемых студентам на традиционных занятиях и в виде цифровых ресурсов.

Для иллюстрации использованных в голосовом помощнике методов и технологий рассмотрим реализацию ключевых функций: формирование ответа на вопрос и автоматическое выполнение действий в соответствии с поступившим запросом. Ключевым моментом выступает использование методов машинного обучения для предварительной классификации имеющегося набора вопросов для первой функции и доступных действий для второй. Здесь не рассматриваются обработка новых вопросов (запросов), а также сбор данных о взаимодействии с помощником. Ниже, в таблицах 1 и 2, представлены последовательные этапы, а также соответствующие методы и технологии обработки и анализа данных.

Таблица 1

Ответ на вопрос

Table 1

Answer to the question

№ этапа Stage No.	Содержание Content	Методы и технологии Methods and technologies
1	Голосовой ввод вопроса Voice input of a question	Технологии автоматического распознавания речи для преобразования голосового сигнала в текст Automatic speech recognition technologies for converting a voice signal into text
2	Обработка текста вопроса Question text handling	Методы и технологии анализа текстов на естественном языке для приведения слов к нормальной форме, удаления стоп-слов. Методы извлечения ключевых слов Methods and technologies for analysing texts in natural language to reduce words to normal form, remove stop words. Keyword extraction methods

3	Поиск ответа на вопрос в базе знаний <i>Search for an answer to a question in the knowledge base</i>	Методы поиска в базе знаний для отнесения вопроса к определенному классу. Методы ранжирования ответов по степени релевантности <i>Search methods in the knowledge base to assign a question to a specific class. Methods for ranking responses by relevance</i>
4	Голосовой ответ на вопрос <i>Voice response to a question</i>	Технологии преобразования текста в голосовой сигнал <i>Text-to-speech technologies</i>

Таблица 2
Выполнение действий
Table 2
Performing actions

№ этапа <i>Stage No.</i>	Содержание <i>Content</i>	Методы и технологии <i>Methods and technologies</i>
1	Голосовой ввод запроса <i>Voice input of a request</i>	Технологии автоматического распознавания речи для преобразования голосового сигнала в текст <i>Automatic speech recognition technologies for converting a voice signal into text</i>
2	Обработка текста запроса <i>Request text handling</i>	Методы и технологии анализа текстов на естественном языке для извлечения ключевых слов, определяющих тип запроса <i>Methods and technologies for analyzing natural language texts to extract keywords that determine the type of request</i>
3	Проверка корректности запроса <i>Checking the correctness of the request</i>	Методы поиска для отнесения запрошенного действия к определенному классу. Методы анализа онтологий для проверки соответствия параметров запроса правилам, хранящимся в базе знаний <i>Search methods for assigning the requested action to a specific class. Ontology analysis methods for checking the compliance of request parameters with the rules stored in the knowledge base</i>
4	Создание сценария выполнения действий <i>Create an action script</i>	Технологии чат-ботов для возможного уточнения запроса (параметров и их значений) <i>Chatbot technologies for possible refinement of the request (parameters and their values)</i>
5	Голосовое сообщение о результате <i>Voice message about the result</i>	Технологии преобразования текста в голосовой сигнал <i>Text-to-speech technologies</i>

Как видно из описаний этапов, приведенных в таблицах, более сложным является процесс подготовки к автоматическому выполнению действий. Проиллюстрируем его обработкой одного из простейших типов запроса, когда студенту при выполнении практического задания необходимо обеспечить защиту данных в локальной сети.

Этап 1. Преобразование в текст голосового запроса «Я хочу включить шифрование данных».

Этап 2. В результате обработки текста запроса выделены ключевые слова «включить», «шифр».

Этап 3. В результате проверки корректности определен класс действий «включить поддержку протокола шифрования».

Этап 4. Анализ правил онтологии для установленного класса показал, что для формирования сценария дополнительно студент должен указать значения ряда параметров. Далее приводится диалог с помощником (для краткости опущены операции преобразования текста в голос и обратно):

Помощник: «Уточните протокол шифрования».

Студент: «эс эс аш».

Обработка текста: SSH.

Проверка корректности названия протокола: верно.

Помощник: «Уточните версию».

Студент: «пятая».

Обработка текста: 5.

Проверка корректности версии протокола: неверно.

Помощник: «Неверно, уточните версию».

Студент: «вторая».

Обработка текста: 2.

Помощник: «Уточните компонент сети».

Студент: «маршрутизатор».

Помощник: «Уточните имя маршрутизатора».

Студент: «и эс пэ один».

Обработка текста: ISP_1.

По результатам диалога автоматически сформирован сценарий «ip ssh version 2» и запущен на указанном студентом компоненте локальной сети.

Этап 5. Голосовое сообщение помощника о выполнении действия «Включена поддержка протокола шифрования эс эс аш версия два».

Из приведенного примера видно, что в процессе взаимодействия с помощником студент оставляет цифровой след, отражающий характерные данные. Они включают вопросы и запросы на действия, адресованные именно помощнику, а также диалоги (если они были необходимы для уточнения запроса). Для использования этой информации голосовой помощник (как сервис) интегрирован с базой данных. В ней фиксируется история обращений в разрезе элементов онтологии предметной области, которая, в свою очередь, является компонентом базы знаний. Преподаватель может получить детальные отчеты (по отдельным студентам и сводные), показывающие то, какие именно из изучаемых понятий и операций потребовали привлечения помощника. В приведенном выше примере диалога проиллюстрирована типичная ситуация: студент изначально дает задание в самом общем виде, затем на одном из шагов ошибается. Поэтому требуются определенные уточнения, которые предусмотрены в алгоритме работы помощника. Однако в целом обучающийся владеет основными понятиями в соответствии с онтологией (см. рис. 1).

Обсуждение

Итак, с позиций инклюзивного дизайна были сформулированы ключевые требования к цифровым образовательным ресурсам, ориентированным на сопровождение самостоятельной работы: 1) соотнесение содержания, образовательных результатов и путей их достижения с онтологией предметной области; 2) наличие интерактивного инструмента (помощника) для ответов на вопросы и выполнения некоторых операций; 3) ведение мониторинга достижения образовательных результатов с использованием обратной связи, обеспечиваемой помощником.

К настоящему времени использование онтологического подхода является общепринятой рекомендацией при разработке электронных курсов. Результаты теоретической проработки этого направления с акцентом на индивидуализацию обучения, отраженную в информационных и математических моделях контента, обучающихся и индивидуальных графов знаний, нашли отражение в работах Д. И. Муромцева [22], А. В. Соловова и А. А. Меньшиковой [23]. В зарубежных исследованиях существенное внимание уделяется использованию указанного подхода при создании электронных курсов как своеобразных рекомендательных систем, что, в частности, подчеркивается в обзорных статьях К. Stancin, P. Poscic, D. Jaksic [24], N. W. Rahayu, R. Ferdiana, S. S. Kusumawardani [25].

В нашем случае изначальное следование предметной онтологии при разработке содержания учебного курса (не только электронных материалов) также учитывало данные аспекты. Но при этом в рамках общей модели предметной области «Компьютерные сети» были описаны мини-онтологии – правила, нацеленные на выполнение конкретных практических заданий при поддержке помощника. Так, в приведенном выше примере используются правила, основанные на трех ключевых элементах онтологии: устройства компьютерной сети, протоколы, защита данных. Кроме того, данный подход обеспечивает преемственность в изучении цикла профессиональных дисциплин, связанных с вопросами кибербезопасности в компьютерных сетях, поскольку здесь так называемые *кибер-онтологии* являются ключевыми структурами для представления знаний предметной области [26, 27].

Разработка голосового помощника проводилась поэтапно, и сама по себе является наглядным примером использования принципов инклюзивного дизайна, а именно: сервис, созданный для предоставления заготовленных ответов на вопросы, наиболее часто возникающие у студентов, перерос в вопросно-ответную систему с расширенными возможностями. Заметим, что такие системы, являющиеся своеобразным стандартом клиентской поддержки в бизнесе [28], получили достаточно широкое развитие и для сопровождения обучения в различных предметных областях, как показывает классификация, представленная в исследовании [29].

Особенности помощника заключаются в том, что он не только дает ответы на вопросы студентов, но и выполняет действия по определенным правилам.

Это стало возможным благодаря дифференцированному использованию двух подходов к созданию вопросно-ответных систем, представленных в обзорной статье М. Caballero [30]. Для поиска ответов на вопросы применен подход, основанный на текстах (заготовленных ответах), а для выполнения действий – использующий базу знаний (онтологию предметной области). При этом помощник, опираясь на базу знаний, сам при необходимости задает уточняющие вопросы, что уже является признаком систем, которые автоматически генерируют вопросы обучающемуся. С точки зрения классификации этих систем, представленной в работе G. Kurdi, J. Leo, B. Parsia, U. Sattler, S. Al-Emari [31], разработанный сервис носит гибридный характер. Он сочетает функции двух различных типов автоматических генераторов вопросов: 1) генерация наводящих вопросов для систем типа «тьютор», 2) генерация вопросов для автоматической оценки знаний. Вторая возможность обеспечивается благодаря анализу данных цифрового следа студента при работе с помощником, когда для автоматического выполнения действий обучающемуся требуется составить запрос, отвечающий определенным правилам. Соответственно, уже не только заданные студентом вопросы, но его ответы в диалоге с помощником дают важную обратную связь для оценки достигнутых образовательных результатов.

Благодаря использованию помощника возникли новые задачи, связанные с анализом данных мониторинга: теперь уже не только конкретных образовательных результатов, но и цифрового следа студента. Поскольку соответствующие данные собирались автоматически, это и упростило сам процесс мониторинга, и потребовало разработки инструментов для предоставления результатов анализа данных студентам и преподавателям. Для этого были использованы традиционные методы интерпретации данных как для отдельных студентов, так и для выбранных групп в разрезе освоения ключевых понятий дисциплины и операций с ними, активности при работе с цифровыми ресурсами и т. п. Таким образом, следуя разработанной W. Holmes, I. Tuomi [32] таксономии образовательных инструментов и систем, использующих методы искусственного интеллекта, созданный сервис можно отнести к нескольким категориям. Для студентов он выполняет функции как интеллектуального тьютора, так и интерактивной среды для выполнения действий. Для преподавателей — это и ассистент, и система обратной связи, и поставщик данных цифрового следа, позволяющих решать самые разнообразные задачи управления образовательным процессом.

Однако принципиально важным качеством сервиса является следование принципам инклюзивного дизайна. Действительно, голосовой помощник изначально разрабатывался как образовательный продукт, предназначенный для поддержки обучающихся с ограниченными возможностями по зрению, но с прицелом на универсальное использование. Необходимо подчеркнуть, что наличие множества инструментов для перевода текста в речь, озвученного описания изображений, на которые ссылаются W. Holmes, I. Tuomi [32, p. 552], не решает задач приобретения базовых профессиональных компетенций

в предметной области «Компьютерные сети». Студенты должны освоить способы управления специальным сетевым оборудованием путем программирования его работы. При решении практических задач обучающиеся опираются на графические изображения, показывающие то, какие устройства есть в сети и каким образом они связаны друг с другом (так называемая *топология сети*). Это, безусловно, составляет проблему для слабовидящих обучающихся, основные способы решения которой представлены в статье Н. Н. N. Premarathne [33]: использование специальных упрощенных шаблонных изображений устройств сети и озвучивание конкретной топологии по заранее заданным правилам, ориентированные на поддержку работы слабовидящих и незрячих студентов с виртуальной, а не реальной компьютерной сетью.

В отличие от этих подходов к онлайн обучению в созданной с учетом особенностей обучающихся виртуальной среде, в нашем случае основой для разработки алгоритмов работы помощника послужило обобщение опыта сопровождения самостоятельной работы студентов в традиционной лаборатории с использованием универсального оборудования и программных средств (технические подробности реализации представлены в [27]). Выяснилось, что для обучающихся с ограниченными возможностями по зрению первостепенную важность имеет тактильное исследование реального оборудования компьютерной сети, в ходе которого преподаватель объясняет его назначение. После такой подготовки студенты демонстрировали понимание сути озвученных преподавателем заданий по администрированию сети. В случае затруднений они задавали вопросы того же плана, что и остальные студенты. Однако для них оставались недоступными операции по управлению сетевым оборудованием с помощью стандартного компьютера. Эту проблему и решил голосовой помощник, позволяющий в ходе диалога сформировать необходимую команду и в случае ее корректности обеспечить автоматическое выполнение. Отметим, именно эта функция отличает созданный сервис от существующих голосовых помощников, обзор которых представлен в статье G. Terzopoulos, M. Satratzemi [34]. В итоге возможность автоматизировать определенные действия через диалог с помощником оказалась востребованной большинством студентов, а не только обучающимися с ограниченными возможностями по зрению. Опросы показали, что обучающиеся воспринимали соответствующую функцию как чат-бот, помогающий выполнить практическое задание. В то же время сервис давал важную обратную связь для совершенствования содержания дисциплины и технологий обучения.

Завершая обсуждение полученных результатов, необходимо остановиться на принципиальном моменте, связанном с использованием генеративных нейронных сетей типа ChatGPT. Наряду с их влиянием на образование в целом, отмечаемым D. R. Cotton, P. A. Cotton, J. R. Shipway [35], их возможности, казалось бы, закрывают проблему разработки специализированных вопросно-ответных систем, подобных той, которая специально создавалась в нашем случае. Однако анализ результатов нашего опыта использования ChatGPT для генерации ответов на вопросы показал, что процент правдоподобных,

но некорректных ответов обратно пропорционален квалификации задающего вопросы. То есть, шансы получить корректный ответ тем выше, чем более успешен студент, что полностью согласуется с рекомендациями S. Atlas [36] по составлению качественных вопросов для генеративных нейронных сетей. Однако, при известных ограничениях, как отмечают J. Rudolph, S. Tan, Sh. Tan [37], использование этого и других подобных инструментов искусственного интеллекта в системах-тьюторах очень перспективно, если дополнить помощник функцией оценивания. В этом случае генеративные нейронные сети можно использовать для создания проверочных вопросов и заданий.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило предварительную гипотезу о возможностях применения методологии инклюзивного дизайна для создания цифровых образовательных ресурсов, ориентированных на как можно большее число обучающихся. Мы показали возможности методов искусственного интеллекта и современных информационных технологий, воплощенных в голосовом помощнике для сопровождения самостоятельной работы студентов, и в процессе его разработки нашли ответы на поставленные вопросы.

1. Уточняя содержание понятия «инклюзивный дизайн» в контексте образования в целом и, в частности, цифровых образовательных ресурсов, мы выделили в качестве его ключевой особенности нацеленность на постоянное совершенствование дидактических возможностей конкретного продукта. Этого можно достичь только благодаря изначально предусмотренной обратной связи.

2. Ответ на вопрос о том, каким требованиям должен удовлетворять цифровой образовательный ресурс в соответствии с принципами инклюзивного дизайна, можно кратко сформулировать как «онтология – автоматическая поддержка – мониторинг». Опора на онтологию при разработке контента обеспечивает его систематизацию и представление в виде базы знаний, что, в свою очередь, помогает организовать необходимое сопровождение обучающихся в виде ответов на вопросы. Возникающие вопросы дают важнейшую обратную связь для мониторинга достижения образовательных результатов. А соотношение последних с онтологией показывает, в каком направлении надо совершенствовать цифровой ресурс.

3. Создание интеллектуального голосового помощника, практически реализующего методологию инклюзивного дизайна, потребовало привлечения совокупности методов и технологий. Во-первых, это методы проектирования и разработки базы данных для ведения мониторинга и базы знаний для хранения онтологии области «Компьютерные сети», а также соотнесенных с ней вопросов и ответов. Далее, это методы и технологии искусственного интеллекта, в частности, для анализа текстов на естественном языке, позволяющие распознавать и классифицировать вопросы. Наконец, для обеспечения голосового интерфейса использовались технологии преобразования голосового сообщения в текст и обратно.

Говоря о возможности использования полученных результатов, необходимо отметить, что наиболее сложным этапом является построение онтологии предметной области, формулировка и соотнесение с ней образовательных результатов. Однако сложную структуру можно заменить терминологическим словарем, что упрощает эту задачу и позволяет получить достаточно эффективную вопросно-ответную систему практически для любой дисциплины, хотя и с ограниченными возможностями, так как терминологический словарь не отражает связи между концептами, в отличие от онтологии.

Более принципиальным моментом является передача интеллектуальному помощнику полномочий на выполнение действий на компьютере или связанном с ним оборудовании. В нашей реализации предполагалось, что преподаватель отвечает за доступ к системе обработки голосовых сообщений и удостоверяет личности пользователей-студентов. Но для безопасного использования помощника доступ к нему необходимо дополнить системой распознавания пользователей по голосу (непрерывная голосовая аутентификация). Это не единственное направление продолжения проведенного исследования. В теоретическом плане особого внимания заслуживает развитие контролирующих функций помощника за счет интеграции с генеративными нейронными сетями для формирования индивидуальных заданий, учитывающих данные цифрового следа студентов.

Список использованных источников

1. Standard I. S. EN 17161:2019 – Design for All. Available from: <https://universaldesign.ie/products-services/i-s-en-17161-2019-design-for-all-accessibility-following-a-design-for-all-approach-in-products-goods-and-services-extending-the-range-of-users/> (date of access: 03.08.2023).
2. Clarkson P. J., Coleman R. History of inclusive design in the UK // *Applied ergonomics*. 2015. Vol. 46. P. 235–247. DOI: 10.1016/j.apergo.2013.03.002
3. Dong H., McGinley C., Nickpour F., Cifter A. S. Designing for designers: Insights into the knowledge users of inclusive design // *Applied ergonomics*. 2015. Vol. 46. P. 284–291. DOI: 10.1016/j.apergo.2013.03.003
4. Котов С. В. Инклюзивное образование: трансформация системы образования [Электрон. ресурс] // *Известия Южного федерального университета. Педагогические науки*. 2016. № 12. С. 30–36. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28140896_65083749.pdf (дата обращения: 03.08.2023).
5. Лаврентьева З. И., Лаврентьева О. А. Универсальный дизайн как способ организации воспитательного пространства инклюзивной школы [Электрон. ресурс] // *Известия Воронежского государственного педагогического университета*. 2020. № 1. С. 85–88. Режим доступа: http://izvestia.vspu.ac.ru/content/izvestia_2020_v286_N1/85-88.pdf (дата обращения: 03.08.2023).
6. Oliveira A. R. P., Munster M. A., Gonçalves A. G. Universal design for learning and inclusive education: A systematic review in the international literature // *Revista Brasileira de Educação Especial*. 2019. Vol. 25. P. 675–690. DOI: 10.1590/s1413-65382519000400009
7. Ковязина Е. С., Волосникова Л. М. Управление качеством инклюзивного образования на основе концепции универсального дизайна в обучении // *Педагогика. Вопросы теории и практики*. 2020. Т. 5, № 4. С. 437–442. DOI: 10.30853/ped200104
8. Persson H., Åhman H., Yngling A. A., Gulliksen J. Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: different concepts – one goal? On the concept of accessibility – historical, meth-

odological and philosophical aspects // *Universal Access in the Information Society*. 2015. № 14 (4). P. 505–526. DOI: 10.1007/s10209-014-0358-z

9. Moriña A. Inclusive education in higher education: challenges and opportunities // *European Journal of Special Needs Education*. 2017. № 32 (1). P. 3–17. DOI: 10.1080/08856257.2016.1254964

10. Mohammed P. S., Nell Watson E. Towards inclusive education in the age of artificial intelligence: Perspectives, challenges, and opportunities // *Artificial intelligence and inclusive education*. Singapore: Springer, 2019. P. 17–37. DOI: 10.1007/978-981-13-8161-4_2

11. Pacheco E., Lips M., Yoong P. Transition 2.0: Digital technologies, higher education, and vision impairment // *The Internet and Higher Education*. 2018. Vol. 37. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.heduc.2017.11.001

12. Farhan W., Razmak J. A comparative study of an assistive e-learning interface among students with and without visual and hearing impairments // *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 2022. № 17 (4). P. 431–441. DOI: 10.1080/17483107.2020.1786733

13. Azeta A. A., Daramola O. A voice-based e-examination framework for visually impaired students in open and distance learning // *Turkish Online Journal of Distance Education*. 2018. № 19 (2). P. 34–46. DOI: 10.17718/tojde.415635

14. Dharmasena I. H. H. N., Jayakody J. A. D. C. A. Voice-based online examination system for visually impaired students // *2nd International Conference on Advanced Research in Computing (ICARC)*, 23–24 February 2022. Belihuloya, Sri Lanka: IEEE. P. 367–372. DOI: 10.1109/ICARC54489.2022.9754191

15. Rajagopal A., Vedamanickam N. New approach to human AI interaction to address digital divide & AI divide: Creating an interactive AI platform to connect teachers & students // *IEEE international conference on electrical, computer and communication technologies (ICECCT)*, 20–22 February 2019. Coimbatore, India: IEEE. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICECCT.2019.8869174

16. González-Castro N., Muñoz-Merino P. J., Alario-Hoyos C. Adaptive learning module for a conversational agent to support MOOC learners // *Australasian Journal of Educational Technology*. 2021. № 37 (2). P. 24–44. DOI: 10.14742/ajet.6646

17. Hamal O., Faddouli N. E. Intelligent system using deep learning for answering learner questions in a MOOC // *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*. 2022. № 17 (2). P. 32–42. DOI: 10.3991/ijet.v17i02.26605

18. Jung S., Son M., Kim C. I., Rew J., Hwang E. Video-based learning assistant scheme for sustainable education // *New Review of Hypermedia and Multimedia*. 2019. № 25 (3). P. 161–181. DOI: 10.1080/13614568.2019.1678682

19. V. Shmyrev N. V. Vosk Speech Recognition Toolkit: Offline speech recognition API for Android, iOS, Raspberry Pi and servers with Python, Java, C# and Node. Available from: <https://github.com/alphacep/vosk-api> (date of access: 03.08.2023).

20. Bird S., Klein E., Loper E. Natural language processing with Python: Analyzing text with the natural language toolkit. Sebastopol. CA: O'Reilly Media, 2009. 504 p. Available from: <https://mathewscustoms.com/pdf-files/Python/Natural%20Language%20Processing%20with%20Python.pdf> (date of access: 03.08.2023).

21. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O., Duchesnay E. Scikit-learn: Machine learning in Python // *Journal of Machine Learning Research*. 2011. № 12. P. 2825–2830. Available from: <https://www.jmlr.org/papers/volume12/pedregosa11a/pedregosa11a.pdf> (date of access: 03.08.2023).

22. Муромцев Д. И. Модели и методы индивидуализации электронного обучения в контексте онтологического подхода // *Онтология проектирования*. 2020. Т. 10, № 1 (35). С. 34–49. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-34-49

23. Solovov A. V., Menshikova A. A. Designing an ontology of the e-learning course content // *Онтология проектирования*. 2023. Т. 13, № 1 (47). С. 99–112. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-1-99-112

24. Stancin K., Poscic P., Jaksic D. Ontologies in education—state of the art // *Education and Information Technologies*. 2020. № 25 (6). P. 5301–5320. DOI: 10.1007/s10639-020-10226-z
25. Rahayu N. W., Ferdiana R., Kusumawardani S. S. A systematic review of ontology use in E-Learning recommender system // *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2022. № 3. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X22000029> (date of access: 03.08.2023).
26. Sikos L. F. Cybersecurity knowledge graphs // *Knowledge and Information Systems*. 2023. № 65. P. 3511–3531. DOI: 10.1007/s10115-023-01860-3
27. Захаров А. А., Шабалин А. М., Джалилзода Д. Б., Пономарев К. Ю., Ханбеков Ш. И. Применение голосового помощника в качестве виртуального консультанта для администрирования безопасности инфраструктуры локальной компьютерной сети // *Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере*. 2022. № 4 (46). С. 68–75. DOI: 10.14529/secur220408
28. Soares M. A. C., Parreiras F. S. A literature review on question answering techniques, paradigms and systems // *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*. 2020. № 32 (6). P. 635–646. DOI: 10.1016/j.jsuci.2018.08.005
29. Soares T. G., Azhari A., Rokhman N., Wonarko E. Education question answering systems: a survey // *Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS 2021)*. 20–22 October 2021, Hong Kong. P. 24–34. Available from: https://www.iaeng.org/publication/IMECS2021/IMECS2021_pp24-34.pdf (date of access: 03.08.2023).
30. Caballero M. A brief survey of question answering systems // *International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAlA)*. 2021. № 12 (5). Available from: <https://aircconline.com/ijaia/V12N5/12521ijaia01.pdf> (date of access: 03.08.2023).
31. Kurdi G., Leo J., Parsia B., Sattler U., Al-Emari S. A systematic review of automatic question generation for educational purposes // *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2020. № 30. P. 121–204. DOI: 10.1007/s40593-019-00186-y
32. Holmes W., Tuomi I. State of the art and practice in AI in education // *European Journal of Education*. 2022. № 57. P. 542–570. DOI: 10.1111/ejed.12533
33. Premarathne H. H. N. An overview on accessibility to the graphical study materials for visually impaired or blind students // *International Journal of Computer Trends and Technology*. 2019. № 67 (4). P. 134–138. DOI: 10.14445/22312803/IJCTT-V67I4P127
34. Terzopoulos G., Satratzemi M. Voice assistants and smart speakers in everyday life and in education // *Informatics in Education*. 2020. № 19 (3). P. 473–490. DOI: 10.15388/infedu.2020.21
35. Cotton D. R., Cotton P. A., Shipway J. R. Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT // *Innovations in Education and Teaching International*. 2023. DOI: 10.1080/14703297.2023.2190148
36. Atlas S. ChatGPT for Higher Education and Professional Development: A Guide to Conversational AI // *University of Rhode Island Publications*. 2023. Available from: https://digitalcommons.uri.edu/cba_facpubs/548 (date of access: 03.08.2023).
37. Rudolph J., Tan Sh., Tan S. ChatGPT: “Bullshit” spewer or the end of traditional assessments in higher education? // *Journal of Applied Learning and Teaching*. 2023. № 6 (1). P. 242–263. DOI: 10.37074/jalt.2023.6.1.9

References

1. Standard I. S. EN 17161:2019 – Design for all [Internet]. 2019 [cited 2023 Aug 03]; Available from: <https://universaldesign.ie/products-services/i-s-en-17161-2019-design-for-all-accessibility-following-a-design-for-all-approach-in-products-goods-and-services-extending-the-range-of-users/>
2. Clarkson P. J., Coleman R. History of inclusive design in the UK. *Applied Ergonomics*. 2015; 46: 235–247. DOI: 10.1016/j.apergo.2013.03.002

3. Dong H., McGinley C., Nickpour F., Cifter A. S. Designing for designers: Insights into the knowledge users of inclusive design. *Applied Ergonomics*. 2015; 46: 284–291. DOI: 10.1016/j.apergo.2013.03.003
4. Kotov S. V. Inclusive education: Transformation of the educational system. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Pedagogicheskie nauki = The World of Academia: Culture, Education* [Internet]. 2016 [cited 2023 Aug 03]; 12: 30–36. Available from: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28140896_65083749.pdf (In Russ.)
5. Lavrentieva Z. I., Lavrentieva O. A. Universal design as a way of organizing the educational space of an inclusive school. *Izvestiya Voronezhskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta = Proceedings of the Voronezh State Pedagogical University* [Internet]. 2020 [cited 2023 Aug 03]; 1: 85–88. Available from: http://izvestia.vspu.ac.ru/content/izvestia_2020_v286_N1/85-88.pdf (In Russ.)
6. Oliveira A. R. P., Munster M. A., Gonçalves A. G. Universal design for learning and inclusive education: A systematic review in the international literature. *Revista Brasileira de Educação Especial*. 2019; 25: 675–690. DOI: 10.1590/s1413-65382519000400009
7. Kovyazina E. S., Volosnikova L. M. Inclusive education quality management based on conception of universal design for learning. *Pedagogika. Voprosy teorii i praktiki = Pedagogy. Theory & Practice*. 2020; 4: 437–442. DOI: 10.30853/ped200104 (In Russ.)
8. Persson H., Åhman H., Yngling A. A., Gulliksen J. Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: Different concepts – one goal? On the concept of accessibility – historical, methodological and philosophical aspects. *Universal Access in the Information Society*. 2015; 14 (4): 505–526. DOI: 10.1007/s10209-014-0358-z
9. Moriña A. Inclusive education in higher education: Challenges and opportunities. *European Journal of Special Needs Education*. 2017; 32 (1): 3–17. DOI: 10.1080/08856257.2016.1254964
10. Mohammed P. S., Nell'Watson E. Towards inclusive education in the age of artificial intelligence: Perspectives, challenges, and opportunities. In: Knox J., Wang Y., Gallagher M. (Eds.). *Artificial intelligence and inclusive education*. Singapore: Springer; 2019. p. 17–37. DOI: 10.1007/978-981-13-8161-4_2
11. Pacheco E., Lips M., Yoong P. Transition 2.0: Digital technologies, higher education, and vision impairment. *The Internet and Higher Education*. 2018; 37: 1–10. DOI: 10.1016/j.heduc.2017.11.001
12. Farhan W., Razmak J. A comparative study of an assistive e-learning interface among students with and without visual and hearing impairments. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 2022; 17 (4): 431–441. DOI: 10.1080/17483107.2020.1786733
13. Azeta A. A., Daramola O. A voice-based e-examination framework for visually impaired students in open and distance learning. *Turkish Online Journal of Distance Education*. 2018; 19 (2): 34–46. DOI: 10.17718/tojde.415635
14. Dharmasena I. H. H. N., Jayakody J. A. D. C. A. Voice-based online examination system for visually impaired students. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Advanced Research in Computing (ICARC)*; 2022 Feb 23–24; Belihuloya, Sri Lanka. IEEE; 2022. p. 367–372. DOI: 10.1109/ICARC54489.2022.9754191
15. Rajagopal A., Vedamanickam N. New approach to human AI interaction to address digital divide & AI divide: Creating an interactive AI platform to connect teachers & students. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*; 2019 Feb 20–22; Coimbatore, India. IEEE; 2019. p. 1–6. DOI: 10.1109/ICECCT.2019.8869174
16. González-Castro N., Muñoz-Merino P. J., Alario-Hoyos C. Adaptive learning module for a conversational agent to support MOOC learners. *Australasian Journal of Educational Technology*. 2021; 37 (2): 24–44. DOI: 10.14742/ajet.6646
17. Hamal O., Faddouli N. E. Intelligent system using deep learning for answering learner questions in a MOOC. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*. 2022; 17 (2): 32–42. DOI: 10.3991/ijet.v17i02.26605

18. Jung S., Son M., Kim C. I., Rew J., Hwang E. Video-based learning assistant scheme for sustainable education. *New Review of Hypermedia and Multimedia*. 2019; 25 (3): 161–181. DOI: 10.1080/13614568.2019.1678682
19. V. Shmyrev N. V. Vosk speech recognition toolkit: Offline speech recognition API for Android, iOS, Raspberry Pi and servers with Python, Java, C# and Node [Internet]. 2023 [cited 2023 Aug 03]. Available from: <https://github.com/alphacep/vosk-api>
20. Bird S., Klein E., Loper E. Natural language processing with Python: Analyzing Text with the natural language toolkit [Internet]. Sebastopol, CA: O'Reilly Media; 2009 [cited 2023 Aug 03]. 504 p. Available from: <https://mathewscustoms.com/pdf-files/Python/Natural%20Language%20Processing%20with%20Python.pdf>
21. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O., Duchesnay E. Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research* [Internet]. 2011 [cited 2023 Aug 03]; 12: 2825–2830. Available from: <https://www.jmlr.org/papers/volume12/pedregosa11a/pedregosa11a.pdf>
22. Mouromtsev D. I. Models and methods of e-learning individualization in the context of ontological approach. *Ontologiya proektirovaniya = Ontology of Designing*. 2020; 1 (35): 34–49. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-34-49 (In Russ.)
23. Solovov A. V., Menshikova A. A. Designing an ontology of the e-learning course content. *Ontologiya proektirovaniya = Ontology of Designing*. 2023; 1 (47): 99–112. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-1-99-112
24. Stancin K., Poscic P., Jaksic D. Ontologies in education—state of the art. *Education and Information Technologies*. 2020; 25 (6): 5301–5320. DOI: 10.1007/s10639-020-10226-z
25. Rahayu N. W., Ferdiana R., Kusumawardani S. S. A systematic review of ontology use in E-Learning recommender system. *Computers and Education: Artificial Intelligence* [Internet]. 2022 [cited 2023 Aug 03]; 3. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X22000029>
26. Sikos L. F. Cybersecurity knowledge graphs. *Knowledge and Information Systems* [Internet]. 2023; 65: 3511–3531. DOI: 10.1007/s10115-023-01860-3
27. Zakharov A. A., Shabalin A. M., Khanbekov Sh. I., Dzhaliilzoda D. B., Ponomarev K. Y. Using a voice assistant as a virtual consultant for administration of the security of the local computer network infrastructure. *Vestnik UrFO. Bezopasnost' v informacionnoj sfere = Bulletin of the Ural Federal District. Security in the Information Sphere*. 2022; 4 (46): 68–75. DOI: 10.14529/secur220408 (In Russ.)
28. Soares M. A. C., Parreiras F. S. A literature review on question answering techniques, paradigms and systems. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*. 2020; 32 (6): 635–646. DOI: 10.1016/j.ksuci.2018.08.005
29. Soares T. G., Azhari A., Rokhman N., Wonarko E. Education question answering systems: a survey. In: *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS 2021)* [Internet]; 2021 Oct 20–22; Hong Kong. IAENG; 2021 [cited 2023 Aug 03]; p. 24–34. Available from: https://www.iaeng.org/publication/IMECS2021/IMECS2021_pp24-34.pdf
30. Caballero M. A brief survey of question answering systems. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAI/A)* [Internet]. 2021 [cited 2023 Aug 03]; 12 (5). Available from: <https://aircconline.com/ijaia/V12N5/12521ijaia01.pdf>
31. Kurdi G., Leo J., Parsia B., Sattler U., Al-Emari S. A systematic review of automatic question generation for educational purposes. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2020; 30: 121–204. DOI: 10.1007/s40593-019-00186-y
32. Holmes W., Tuomi, I. State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*. 2022; 57: 542–570. DOI: 10.1111/ejed.12533

33. Premarathne H. H. N. An overview on accessibility to the graphical study materials for visually impaired or blind students. *International Journal of Computer Trends and Technology*. 2019; 67 (4): 134–138. DOI: 10.14445/22312803/IJCTT-V67I4P127

34. Terzopoulos G., Satratzemi M. Voice assistants and smart speakers in everyday life and in education. *Informatics in Education*. 2020; 19 (3): 473–490. DOI: 10.15388/infedu.2020.21

35. Cotton D. R., Cotton P. A., Shipway J. R. Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International*. 2023. DOI: 10.1080/14703297.2023.2190148

36. Atlas S. ChatGPT for higher education and professional development: A guide to conversational AI. *University of Rhode Island Publications* [Internet]. 2023 [cited 2023 Aug 03]. Available from: https://digitalcommons.uri.edu/cba_facpubs/548

37. Rudolph J., Tan Sh., Tan S. ChatGPT: “Bullshit” spewer or the end of traditional assessments in higher education? *Journal of Applied Learning and Teaching*. 2023; 6 (1): 242–263. DOI: 10.37074/jalt.2023.6.1.9

Информация об авторах:

Захаров Александр Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий базовой кафедрой «Безопасные информационные технологии умного города» Тюменского государственного университета; ORCID 0000-0002-1050-8145; Тюмень, Россия. E-mail: a.a.zakharov@utmn.ru

Захарова Ирина Гелиевна – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры программного обеспечения Тюменского государственного университета; ORCID 0000-0002-4211-7675; Тюмень, Россия. E-mail: i.g.zakharova@utmn.ru

Шабалин Андрей Михайлович – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информационной безопасности Тюменского государственного университета; ORCID 0000-0003-2404-9864; Тюмень, Россия. E-mail: sham.omsk@gmail.com

Ханбеков Шамиль Ирекович – ассистент кафедры информационной безопасности Тюменского государственного университета; ORCID 0000-0002-4388-8455; Тюмень, Россия. E-mail: s.i.khanbekov@utmn.ru

Джалилзода Дунё Бехруз – инженер-программист базовой кафедры «Безопасные информационные технологии умного города» Тюменского государственного университета; ORCID 0009-0008-0819-6278; Тюмень, Россия. E-mail: d.jalilzoda@vk.com

Вклад соавторов:

А. А. Захаров – постановка проблемы исследования, разработка методологии и методов исследования, обсуждение и обобщение результатов.

И. Г. Захарова – разработка методов проектирования базы знаний и алгоритмов работы головного помощника, обсуждение и обобщение результатов.

А. М. Шабалин – создание онтологии базы знаний и формализация правил автоматического выполнения операций для заданий курса «Компьютерные сети», обсуждение и обобщение результатов.

Ш. И. Ханбеков – сбор и анализ данных об использовании голосового помощника студентами с ограниченными возможностями по зрению при выполнении практических заданий, обсуждение результатов.

Д. Б. Джалилзода – программная реализация методов и алгоритмов вопросно-ответной системы голосового помощника, обсуждение результатов.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 27.09.2023; поступила после рецензирования 25.01.2024; принята в печать 07.02.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Aleksandr A. Zakharov – Dr. Sci. (Engineering), Professor, Head of the Basic Department of Safe Information Technologies of a Smart City, University of Tyumen; ORCID 0000-0002-1050-8145; Tyumen, Russia. E-mail: a.a.zakharov@utmn.ru

Irina G. Zakharova – Dr. Sci. (Education), Professor, Software Department, University of Tyumen; ORCID 0000-0002-4211-7675; Tyumen, Russia. E-mail: i.g.zakharova@utmn.ru

Andrey M. Shabalin – Cand. Sci. (Education), Associate Professor, Department of Information Security, University of Tyumen; ORCID 0000-0003-2404-9864; Tyumen, Russia. E-mail: sham.omsk@gmail.com

Shamil I. Khanbekov – Assistant, Department of Information Security, University of Tyumen; ORCID 0000-0002-4388-8455; Tyumen, Russia. E-mail: s.i.khanbekov@utmn.ru

Dune B. Dzhalilzoda – Software Engineer, Basic Department of Safe Information Technologies of a Smart City, University of Tyumen; ORCID 0009-0008-0819-6278; Tyumen, Russia. E-mail: d.jalilzoda@vk.com

Contribution of the authors:

A. A. Zakharov – statement of the research problem, development of research methodology and methods, discussion and generalisation of results.

I. G. Zakharova – development of methods for designing a knowledge base and algorithms for the operation of a voice assistant, discussion and generalisation of results.

A. M. Shabalin – creation of a knowledge base ontology and formalisation of the rules for automatic execution of operations for the tasks of the “Computer Networks” course, discussion and generalisation of results.

Sh. I. Khanbekov – collection and analysis of data on the use of the voice assistant by students with visual impairments when performing practical tasks, discussion of results.

D. B. Dzhalilzoda – software implementation of methods and algorithms of the question-answering system of the voice assistant, discussion of results.

Conflict of interest statement. The authors declare that there is no conflict of interest.

Received 27.09.2023; revised 25.01.2024; accepted for publication 07.02.2024.

The authors have read and approved the final manuscript.

Información sobre los autores:

Alexander Anatólevich Zajárov: Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor, Jefe del Departamento Básico de “Tecnologías de información seguras de una ciudad inteligente”, Universidad Estatal de Tiumén; ORCID 0000-0002-1050-8145; Tiumén, Rusia. Correo electrónico: a.a.zakharov@utmn.ru

Irina Gueliévnna Zajárova: Doctora en Ciencias de la Pedagogía, Profesora, Profesora del Departamento de Software, Universidad Estatal de Tiumén; ORCID 0000-0002-4211-7675; Tiumén, Rusia. Correo electrónico: i.g.zakharova@utmn.ru

Andrey Mijáilovich Shabalín: Candidato a Ciencias de la Pedagogía, Profesor Asociado, Profesor Asociado del Departamento de Seguridad de la Información de la Universidad Estatal de Tiumén; ORCID 0000-0003-2404-9864; Tiumén, Rusia. Correo electrónico: sham.omsk@gmail.com

Shamil Irekóvich Janbékov: Asistente, Departamento de Seguridad de la Información, Universidad Estatal de Tiumén; ORCID 0000-0002-4388-8455; Tiumén, Rusia. Correo electrónico: s.i.khanbekov@utmn.ru

Dunió Bejruz Dzhallizoda: ingeniera de software en el Departamento Básico “Tecnologías de información seguras de una ciudad inteligente”, Universidad Estatal de Tiumén; ORCID 0009-0008-0819-6278; Tiumén, Rusia. Correo electrónico: d.jallizoda@vk.com

Contribución de coautoría:

A. A. Zajárov: formulación del problema de investigación, desarrollo de la metodología y de los métodos de investigación, discusión y generalización de los resultados.

I. G. Zajárova: elaboración de los métodos para el diseño de la base de conocimientos y algoritmos para el funcionamiento del asistente de voz, discusión y generalización de los resultados.

A. M. Shabalín: creación de una ontología de base de conocimientos y formalización de reglas de realización automática de operaciones para tareas del curso “Redes de Computadores”, discusión y generalización de los resultados.

Sh. I. Janbékov: recopilación y análisis de datos sobre el uso del asistente de voz por parte de los estudiantes con discapacidad visual al realizar tareas prácticas, discusión de los resultados.

D. B. Dzhallizoda: Implementación software de métodos y algoritmos para el sistema de preguntas y respuestas del asistente de voz, discusión de los resultados.

Información sobre conflicto de intereses. Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

El artículo fue recibido por los editores el 27/09/2023; recepción efectuada después de la revisión el 25/01/2024; aceptado para su publicación el 07/02/2024.

Los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.