

Интеллектуальные системы управления, анализ данных

© 2025 г. А.Н. ВАРНАВСКИЙ, канд. техн. наук (avarnavsky@hse.ru)
(Национальный исследовательский университет
“Высшая школа экономики”, Москва)

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ИГРОВОГО ЧАТ-БОТА С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА ОСНОВЕ ГОЛОВОЛОМОК ТИПА WORDLE

Программирование является одним из важнейших навыков XXI в. Однако для многих учащихся обучение программированию является довольно сложным процессом. В таких случаях важно поддерживать интерес и вовлеченность студентов в процесс обучения. Считается, что цифровые игры могут решить эту проблему. Одним из видов игр, которые хорошо подходят для сферы компьютерных наук, являются головоломки, которые направлены в том числе и на развитие когнитивных способностей. Целью статьи является разработка моделей, алгоритма работы и структуры игрового чат-бота с искусственным интеллектом для обучения программированию с помощью заданий-головоломок по типу словесной игры Wordle. Wordle выбрана по причине ее всемирной популярности и адаптирована в виде игрового чат-бота для использования в процессе обучения программированию. Искусственный интеллект в чат-боте необходим для контроля целесообразности и подходящего времени его использования, а также адаптивного формирования уровня сложности заданий-головоломок. На основе собранных в результате использования неинтеллектуального игрового чат-бота данных были построены регрессионные модели влияния показателей студентов на уровень интереса и сложности предлагаемых игровым чат-ботом заданий-головоломок. Разработанные модели легли в основу алгоритма работы и структуры игрового чат-бота с искусственным интеллектом. При использовании интеллектуального игрового чат-бота есть возможность дообучать модели и корректировать полученные ранее значения коэффициентов.

Ключевые слова: игровой чат-бот, обучение программированию, искусственный интеллект.

DOI: 10.31857/S0005231025050049, **EDN:** АХРНОК

1. Введение

Для многих студентов обучение программированию является довольно сложным процессом. Это связано с тем, что решение задач программиро-

вания требует не только наличия знаний в области языков программирования, но и соответствующих уровней когнитивных способностей (логического, критического, вычислительного мышлений). Невысокие уровни таких способностей зачастую создают трудности в обучении и приводят к снижению вовлеченности и мотивации учащихся.

Использование обучающих компьютерных игр является одним из методов поддержания интереса учащихся к обучению в различных дисциплинах и сферах [1], в том числе в программировании [2]. Когнитивные способности и функции (рабочая память, скорость обработки, исполнительные функции и т.п.) могут значительно улучшиться при использовании игр [3], причем конкретный эффект зависит от видов используемых игр [4]. Так, для обучения компьютерным наукам хорошо подходят логические игры и игры-головоломки [5].

Традиционно для обучения программированию на начальном этапе хорошо подходят головоломки Парсонса (Parsons programming puzzles) [6], которые представляют собой фрагменты кода, перемешанные в случайном порядке, и которые обучаемый должен расположить в правильной последовательности для получения работающей программы. Они эффективны для освоения базовых синтаксических конструкций и логики программирования, но их возможности ограничены и они недостаточно ориентированы на развитие более сложных когнитивных навыков.

В то же время словесные головоломки, которые широко используются в обучении иностранным языкам и медицине, практически не применяются в обучении программированию, несмотря на их огромный потенциал для развития когнитивных способностей [7]: словарного запаса, рабочей памяти, когнитивной обработки, стратегий извлечения информации из рабочей памяти, способностей к рассуждениям и мышлению [8].

Эффективное программирование напрямую зависит от знания синтаксиса языка программирования, словарного запаса, относящегося к специфической терминологии, синтаксических правил [9]. Даже незначительное отклонение от синтаксиса может привести к ошибкам компиляции или выполнения, требующим значительных временных затрат на отладку. Более того, нечеткое и неточное использование терминологии в коде значительно затрудняет его понимание как самим автором, так и другими разработчиками, увеличивая стоимость и время, затрачиваемые на поддержку и модернизацию программного обеспечения [10]. Это особенно критично в крупных проектах, где код пишется и поддерживается множеством людей и неясная лексика может привести к несовместимости кода, потере времени и даже к возникновению ошибок, ведущих к сбою всей системы. Учитывая потенциал словесных головоломок, следует развивать направление их использования в обучении программированию и компьютерных науках. Причем необходим поиск вариантов воплощения словесных головоломок, которые были бы интересными и увлекательными для студентов разного уровня, развивая при этом их навыки.

Одним из подходов к созданию образовательных игр является адаптация известных компьютерных игр (например, адаптация Super Mario в [11]). В последние годы достаточно популярной словесной игрой является Wordle (<https://www.nytimes.com/games/wordle/index.html>). Wordle – это словесная игра-головоломка, в которой игроки за несколько попыток должны угадать слово. Появляются научные работы, исследующие стратегии, процесс решения головоломок, сложности слов, поведения игроков в этой игре [12–14]. Поэтому принцип игры Wordle можно адаптировать для создания игры-головоломки по распознаванию программного кода для использования в процессе обучения программированию. Учитывая рост популярности чат-ботов в различных сферах, в том числе в сфере образования [15], а также текстовый формат игры Wordle, адаптацию можно реализовать в виде чат-бота.

В игровой чат-бот с заданиями-головоломками можно заложить модели, которые сделают его интеллектуальным, например в части формирования заданий с соответствующим уровнем сложности и интереса. Это позволит повысить эффективность его использования, в частности за счет того, что интерес влияет на вовлеченность и мотивацию, а сложность заданий может влиять на интерес. В литературе подобных игровых интеллектуальных чат-ботов найдено не было.

Целью статьи является разработка моделей, алгоритма работы и структуры игрового чат-бота с искусственным интеллектом для обучения программированию с помощью заданий-головоломок по типу Wordle. Для достижения поставленной цели нужно собрать данные использования первой версии неинтеллектуального игрового чат-бота, на основе которых можно построить регрессионные модели. Эти модели лягут в основу алгоритма работы и структуры новой версии игрового чат-бота.

2. Обзор литературы

2.1. Использование образовательных игр

Несмотря на то, что в некоторых исследованиях не было замечано положительного эффекта от использования образовательных игр, большинство ученых считают игры очень эффективным и недорогим методом обучения, повышающим интерес к дисциплине, вовлеченность студентов, показатели успеваемости и оценки знаний после использования игр [16, 17]. Игры могут влиять на различные аспекты, включая аффективные и мотивационные элементы, изменения поведения, усвоение знаний, а также развитие когнитивных и социальных навыков [18].

Существуют компьютерные игры для обучения информатике и программированию, причем их количество в последние годы постоянно растет [5, 19–21]. Есть игры для разных ступеней образования, хотя преобладают игры для обучения программированию новичков и школьников. Среди существующих игр отдельное направление отводится головоломкам и логическим играм, поскольку они хорошо подходят для обучения компьютерным наукам

и позволяют развивать мыслительные навыки и логическое мышление [22]. Это проявляется в улучшении таких показателей, как скорость обработки информации, объем рабочей памяти, а также в когнитивном контроле, аргументации и решении проблем.

Словесные головоломки являются довольно популярным типом игр, применяющихся в образовательной практике, особенно в обучении иностранным языкам и медицине. Их интеграция с учебными курсами, в сочетании с другими инструментами обучения, способствует снижению когнитивной нагрузки на учащихся, стимулирует мотивацию, повышение академической успеваемости [23], эффективно развивает когнитивные способности [7, 24] и общие знания [25].

В последние годы одной из самых популярных словесных головоломок является игра Wordle. Эта игра предназначена для развлечения, однако можно отметить появление достаточно большого количества научных работ, исследующих эту игру, процесс решения, варианты перебора и поиска решения и т.п. [12–14]. Поэтому можно рассмотреть направление адаптации этой игры применительно к учебному процессу, в частности для применения при обучении программированию.

2.2. Чат-боты с искусственным интеллектом

Реализовать игры-головоломки можно в различных формах, в том числе в чат-боте. Такой формат может хорошо подойти для некоторых текстовых/словесных головоломок. Базовые чат-боты используют подход, основанный на правилах [26]. В отличие от них, чат-боты с искусственным интеллектом (ИИ) используют модели машинного обучения.

Чат-боты с ИИ являются одним из типов приложений диалогового ИИ. Согласно прогнозам (<https://www.marketsandmarkets.com>), ожидается совокупный годовой темп роста размера мирового рынка диалогового ИИ, равный 21,8%, а рынок к 2026 г. увеличится до 18,4 млрд долларов США. При этом диалоговый ИИ может стать основной технологией практически во всех рыночных вертикалях (<https://www.emarketer.com/content/tech-catches-up-conversational-ai-ambitions>).

В целом преимуществами чат-ботов с ИИ является обеспечение удобного интерфейса на естественном языке, что дает возможность улучшить качество работы пользователей [27]. Использование чат-ботов с ИИ может снизить стресс и помочь пользователям избежать информационной перегрузки [28], позволит получить пользователям уникальный и более персонализированный опыт. Такие чат-боты влияют на эмоции пользователей в отличие от использования обычных корпоративных систем [29].

Диалоговые системы искусственного интеллекта могут проявлять индивидуальность и обладать антропоморфными характеристиками [30], лучше соответствуют пользовательскому и организационному контексту, способны постоянно развиваться за счет обучения на содержании запросов и способах

взаимодействия пользователей с ними. Поэтому постоянное использование систем с ИИ имеет важное значение для их дальнейшего совершенствования, поскольку в их основе, как правило, лежат технологии машинного обучения. Так как постоянное совершенствование чат-бота с ИИ зависит от его использования, важно учитывать поведение пользователей и задействовать модели использования [31].

В настоящее время развитие чат-ботов с ИИ сосредоточено на развитии методов обучения алгоритмов и подходов, связанных с настройкой, антропоморфизмом [32], персонализацией [33], совершенствованием алгоритмов для получения более точных результатов [34] и расширении функциональных возможностей, включая, например, анализ настроений [35]. Есть предложения по созданию нового человеко-машинного интеллекта [36].

В качестве примеров можно привести чат-боты с ИИ, которые находят применение на рабочем месте [37], в бизнес-процессах [38], в организации эффективных взаимодействий с пользователями и клиентами [39], в обучении [40]. Такие чат-боты более эффективны за счет автоматического выявления потребностей пользователей [41, 42] и формирования поведения, ориентированного на пользователя [43]. Например, в обучении чат-боты с ИИ способны повысить интерес пользователей к изучению математики [44] и чтению [45].

2.3. Постановка задачи

В целом игровых образовательных чат-ботов в литературе описано достаточно мало, игровых образовательных чат-ботов с ИИ еще меньше. Для примера можно привести [46].

Каждый описанный чат-бот имеет свою логическую/сценарную или AI/ML модель поведения. С учетом оригинальности задачи такие модели не подойдут для построения интеллектуального игрового чат-бота с головоломками по типу Wordle и их необходимо разработать. Для этого используем неинтеллектуальный игровой чат-бот и проведем с ним эксперимент. Собранные в результате эксперимента данные используем для создания моделей машинного обучения для управления поведением интеллектуального игрового чат-бота. Модели будут управлять уровнем сложности заданий и оценивать целесообразность использования чат-бота на данной стадии изучения языка программирования через прогнозирование интереса к заданию. Модели могут дообучаться на основе новых данных, полученных при использовании интеллектуального игрового чат-бота. На основе полученных моделей создадим алгоритм работы и структуру игрового чат-бота с ИИ для обучения программированию с помощью заданий-головоломок по типу Wordle.

3. Игровой образовательный чат-бот с головоломками по типу игры Wordle

Создан неинтеллектуальный игровой чат-бот «Распознай команду Python» для мессенджера Telegram с текстовыми заданиями-головололками

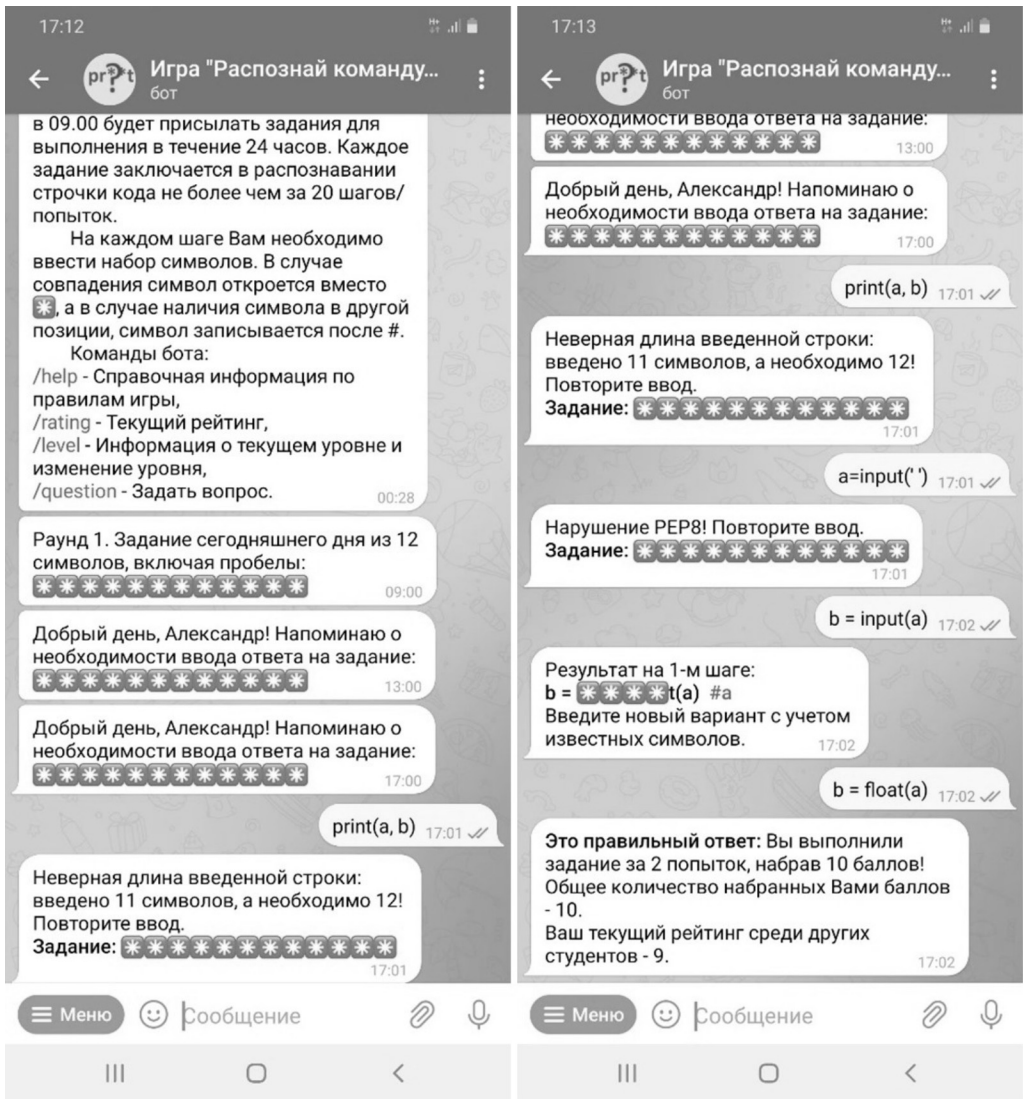


Рис. 1. Работа игрового чат-бота «Распознай команду Python».

по типу игры Wordle [47], который предназначен для обучения текстовому языку программирования, в частности Python (рис. 1), и имеет следующую игровую механику.

1. Цель каждого задания – распознать строчку некоторой программы за несколько шагов-попыток. Изначально взятая строчка программы предьявляется в виде последовательности символов *, количество которых равно длине строчки (с пробелами).

2. Упрощения при формировании задания осуществляются в отношении названий переменных, значений чисел, строк, списков, словарей и других структур. Так переменные изменяются и задействуются в порядке a, b, c, ...,

числа – в порядке 1, 2, 3, ..., символы и строки – в порядке «a», «b», «c», ..., математические операции – в порядке «+», «-», «*», списки, кортежи, словари и т.д. упрощаются до одного элемента.

3. Введенный на каждом шаге текст проверяется на соответствие длине искомой строчки программы, синтаксическим правилам языка и правилам PEP8 (в случае Python), а также осуществляется проверка наличия уже открытых и известных символов. В случае наличия нарушений студенту сообщается о несоответствии и некорректности ввода, а в случае отсутствия – выдается строка с открытыми символами, за которой после символа # следует подсказка. Подсказка выдается в виде набора символов, отсортированных в порядке возрастания кода ASCII.

4. Открытые символы и подсказка после каждой попытки формируются на основе результата посимвольного сравнения введенного текста с искомой строчкой программы по тем же правилам, что и в игре Wordle: в случае совпадения символов, т.е. находящихся на правильных местах, вместо * появляются эти символы, а в случае наличия символов в других позициях, т.е. стоящих не на своих местах, эти символы появляются в подсказке.

5. Максимальное число корректных попыток, которое дается на выполнение задания, равно 20.

6. Используется три уровня заданий разной сложности и разным начислением очков, возможность изменения и перехода между уровнями. При выполнении минимум трех заданий на текущем уровне можно перейти на следующий уровень. С более высокого уровня всегда можно перейти на нижний уровень. При выполнении задания 1-го уровня за 5 и менее шагов начисляется 10 баллов, 2-го уровня – 20 баллов, 3-го уровня – 30 баллов. Если задание выполнено за большее число шагов, то число полученных баллов уменьшается.

7. Число символов в задании зависит от уровня: чем выше уровень, тем больше символов в искомой строчке программы. Часто используемые функции, команды, методы выдаются на 1-ом и 2-ом уровнях, редко используемые – на 3-ем уровне.

8. Ведется рейтинг и после выполнения задания выводится число набранных баллов за текущее задание, общее число баллов и текущая позиция студента в рейтинге.

Геймплей «Распознай команду Python» следующий.

1. Каждый день в 09.00 бот присылает задание. Длительность выполнения задания в течение 24 ч никак не ограничена.

2. Бот отслеживает выполнение задания, введенные попытки и при их отсутствии два раза в день присылает напоминание о необходимости выполнения задания.

3. Ввод текста осуществляется в строке ввода Telegram, какие-либо клавиатуры, помимо стандартной для ввода текста на смартфоне, не используются.

4. Имеется функционал ответа на вопросы студентов.

5. Действия студента фиксируются, осуществляется сбор статистики работы с чат-ботом: определение числа шагов, совершенных при выполнении каждого задания, набранные баллы, изменение уровня.

6. Используется три уровня заданий разной сложности и с разным начислением очков, возможностью изменения и перехода между уровнями. При выполнении минимум трех заданий на текущем уровне можно перейти на следующий уровень. С более высокого уровня всегда можно перейти на нижний уровень. При выполнении задания 1-го уровня за 5 и менее шагов начисляется 10 баллов, 2-го уровня – 20 баллов, 3-го уровня – 30 баллов. Если задание выполнено за большее число шагов, то число полученных баллов уменьшается.

7. Взаимодействие с игровым чат-ботом направлено на поддержку развития *hard skills* (запоминания и вспоминания команд, функций, методов языка программирования), а также когнитивных навыков (рабочей памяти, внимания и логического мышления) [48].

4. Разработка моделей

4.1. Проведенный эксперимент

В проведенном эксперименте приняли участие 60 студентов первого курса ИТ-направления университета, изучавшие язык программирования Python в рамках двухсеместрового учебного курса. Большая часть студентов на момент начала обучения в университете не имела опыта программирования. Сам эксперимент проходил во втором семестре.

В эксперименте использовался неинтеллектуальный игровой чат-бот «Распознай команду Python» и две анкеты. Оценивание показателей в анкетах осуществлялось по пятибалльной шкале Лайкерта.

Этапы проведения эксперимента.

1. Заполнение первой анкеты и указание самооценки уровня написания программ на Python и сложности учебного курса.

2. Использование чат-бота в течение 10 дней вне аудитории и решение по одной головоломки в день. Автоматический сбор данных о ходе и результатах решения заданий для каждого студента.

3. Заполнение второй анкеты и указание интереса и сложности заданий, задействования рабочей памяти, внимания и логического мышления при решении заданий.

4.2. Разработанные модели

Для построения моделей были использованы три источника данных: первая анкета, вторая анкета и статистика работы студентов с игровым чат-ботом.

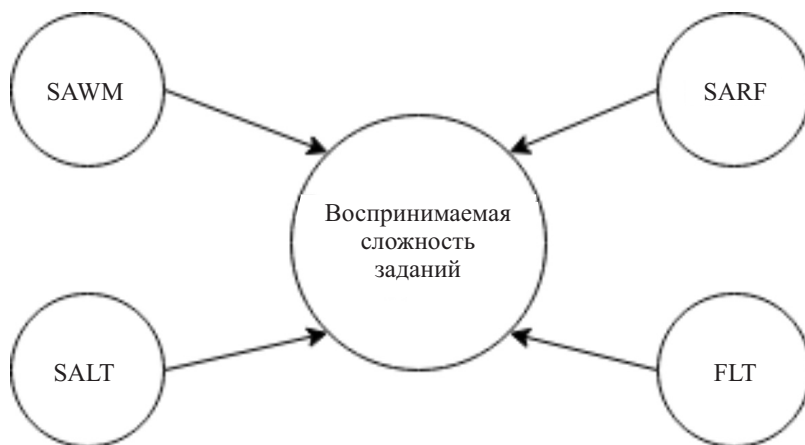


Рис. 2. Гипотеза о влиянии показателей на воспринимаемую сложность заданий.

Из первой анкеты получены показатели:

- Самооценка навыка написания программного кода на языке Python (SAWP);
- Оценка сложности учебного курса по изучению Python (ACD).

Из второй анкеты получены показатели:

- Самооценка задействования рабочей памяти в решении заданий (SAWM);
- Самооценка задействования логического мышления в решении заданий (SALT);
- Самооценка вспоминания функций Python при решении заданий (SARF);
- Воспринимаемая сложность заданий (PDT);
- Интерес к заданиям PIT.

Из данных статистики работы студентов получены показатели:

- Итоговый уровень заданий в игровом чат-боте (FLT);
- Количество шагов/попыток, затраченных на решение отдельного задания (NS);
- Среднее количество шагов, затраченных на решение заданий (ANS);
- Итоговое количество баллов за выполнение заданий (SRT).

Можно предположить, что на воспринимаемую сложность заданий PDT влияют SAWM, SALT, SARF, FLT (рис. 2). Объяснить такое влияние можно следующим образом. Если студент находился на 2/3-м уровнях, то он сталкивался с более сложными заданиями, по сравнению с теми, кто находился на 1/2-м уровнях и не был на 3-м. Поэтому такие студенты, очевидно, оценят задания более сложными, т.е. FLT влияет на PDT. Однако необходимо учитывать, что если студент не сможет решить задание, находясь на уровне, он, скорее всего, будет переходить на более низкий уровень. Ключевую роль в решении различных задач играет рабочая память и логическое мышле-

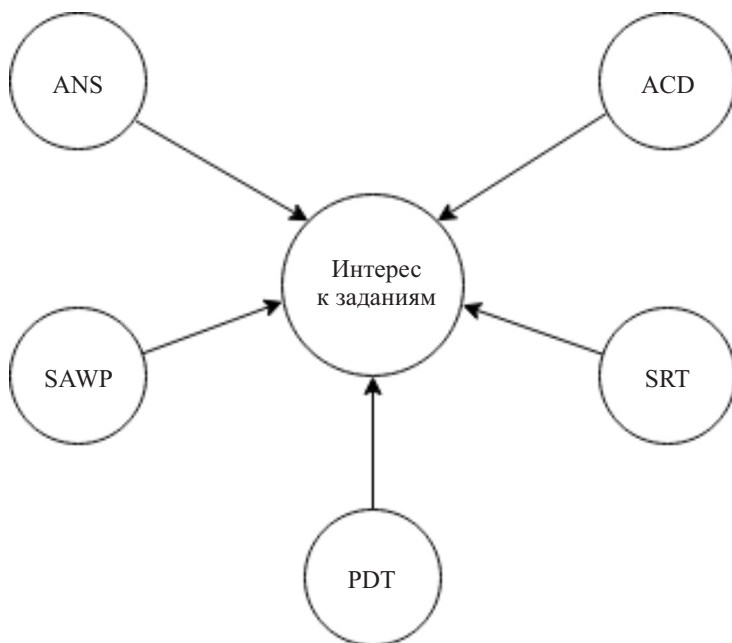


Рис. 3. Гипотеза о влиянии показателей на интерес к заданиям.

ние. Для успешного выполнения заданий требуется вспоминание функций и команд Python и применение логических рассуждений на каждом шаге (попытке) при появлении открытых символов. Рабочая память будет обеспечивать процесс решения заданий, поэтому SAWM будет влиять на PDT. Следует отметить, что простые задачи, в отличие от сложных, не оказывают значительной нагрузки на рабочую память. Помимо рабочей памяти, уровень логического мышления студента и количество функций и команд Python, запомненных студентом в процессе обучения, будут влиять на воспринимаемую сложность заданий. При низком уровне логического мышления и количества запомненных функций студент может испытывать трудности при решении даже задач средней сложности, а сами задания будут восприниматься как сложные. Отсюда и влияние SARF и SALT на PDT [49].

Можно предположить, что на интерес к заданиям PIT влияют ANS, SAWP, PDT, ACD, SRT (рис. 3). Объяснить такое влияние можно следующим образом. Большое количество попыток, затраченных при решении задания, может указывать как на высокую сложность задания, так и на использование перебора. Оба этих варианта негативно сказываются на интересе к выполняемым заданиям. Поэтому ANS влияет на PIT. Для успешного написания кода студенты должны знать и помнить функции языка Python. Студенты, которые высоко оценивают свои навыки программирования, как правило, знают достаточное количество функций и обладают развитым логическим и алгоритмическим мышлением. Поэтому для них решение задач будет более интересным, чем для студентов, которые не уверены в своих способностях

к программированию, не знакомы с достаточным количеством функций и не обладают развитым логическим и алгоритмическим мышлением. Поэтому SAWP влияет на PIT. Если студенты тратят много времени на решение сложных задач, особенно если у них низкий уровень рабочей памяти и логического мышления, это может вызвать некоторый дискомфорт и снизит уровень интереса. Поэтому PDT оказывает влияние на PIT. Использование инструментов геймификации и цифровых игр способно снизить когнитивную нагрузку в сложных учебных курсах. Поэтому ACD влияет на PIT. Чем больше баллов набрал студент в результате работы с игровым чат-ботом, тем больше он был вовлечен и тем интереснее ему было работать с чат-ботом. Таким образом, SRT влияет на PIT [49].

Был проведен регрессионный анализ и построены модели влияния показателей на интерес и воспринимаемую сложность игрового чат-бота. Для оценки важности и вклада каждого параметра в значение зависимой переменной использовалась стандартизация с математическим ожиданием, равным 0, и стандартным отклонением, равным 1. Зависимые переменные не стандартизировались.

Для оценки воспринимаемой сложности заданий игрового чат-бота получена линейная регрессия с уровнем значимости $p < 0,01$ вида:

$$(1) \quad \text{PDT} = a_{\text{SAWM}} \cdot \text{SAWM} + a_{\text{SARF}} \cdot \text{SARF} + \\ + a_{\text{SALT}} \cdot \text{SALT} + a_{\text{FLT}} \cdot \text{FLT} + a_0^{\text{PDT}},$$

где весовые коэффициенты принимают следующие значения:

$$a_{\text{SAWM}} = 0,63^{***}, \quad a_{\text{SARF}} = -0,52^{**}, \quad a_{\text{SALT}} = -0,41^{**}, \quad a_{\text{FLT}} = 0,23^*, \\ a_0^{\text{PDT}} = 3,07^{***} \quad (***) - p < 0,001, \quad (** - p < 0,01, \quad * - p < 0,1).$$

Коэффициент детерминации модели составил 0,82 (скорректированный – 0,74).

Для оценки интереса к заданиям игрового чат-бота получена линейная регрессия с уровнем значимости $p < 0,001$ вида:

$$(2) \quad \text{PIT} = a_{\text{ANS}} \cdot \text{ANS} + a_{\text{SAWP}} \cdot \text{SAWP} + a_{\text{PDT}} \cdot \text{PDT} + \\ + a_{\text{ACD}} \cdot \text{ACD} + a_{\text{SRT}} \cdot \text{SRT} + a_0^{\text{PIT}},$$

где весовые коэффициенты принимают следующие значения:

$$a_{\text{ANS}} = -0,68^{**}, \quad a_{\text{SAWP}} = 0,64^{**}, \quad a_{\text{PDT}} = -0,47^*, \\ a_{\text{ACD}} = 0,44^*, \quad a_{\text{SRT}} = 0,27^*, \quad a_0^{\text{PIT}} = 3,73^{***}.$$

Коэффициент детерминации модели составил 0,86 (скорректированный – 0,78).

В модели (1) показатели SAWM, SALT, SARF на небольшом промежутке времени мало меняются. Показатель FLT характеризует итоговый уровень

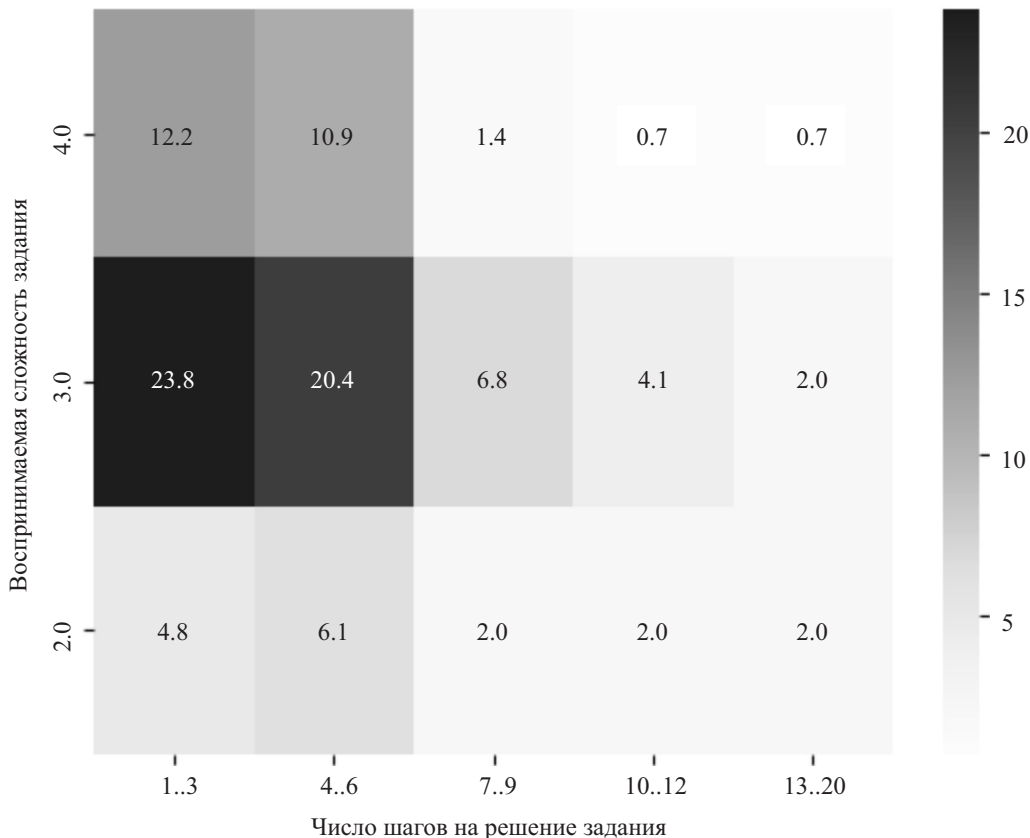


Рис. 4. Тепловая карта частоты встречаемости комбинаций воспринимаемой сложности заданий и числа шагов на решение заданий.

заданий в чат-боте. При разных значениях FLT наблюдаются разные значения числа шагов на решение заданий. Так, при $FLT = 2$ среднее значение $ANS = 5,4$, а при $FLT = 3$ среднее значение $ANS = 5,0$.

В модели (2) показатели SAWP, ACD на небольшом промежутке времени мало меняются. Показатель SRT характеризует итоговое количество набранных баллов за выполнение заданий в чат-боте. Данный показатель коррелируется с ANS, а коэффициент корреляции Пирсона равен $-0,43$. Показатель PDT, используемый в модели (2), является результатом модели (1).

Построим тепловую карту, которая покажет частоту встречаемости различных комбинаций воспринимаемой сложности заданий и числа шагов, использованных для решения заданий. На тепловую карту нанесем частоты, выраженные в процентах от общего числа решенных студентами заданий (рис. 4).

Тепловая карта показала, что наибольшие частоты комбинаций значений PDT и числа шагов на решение заданий наблюдаются у студентов, которые решали задания за 6 и менее шагов и у которых PDT является средней или

высокой. Увеличение числа шагов наблюдается у студентов, для которых воспринимаемая сложность заданий игрового чат-бота была средней.

Поэтому можно предложить в алгоритме управления выдачей заданий использовать модели (1) и (2) на основе учета значения ANS.

4.3. Ограничения разработанных моделей

Несмотря на статистическую значимость полученных результатов, необходимо учитывать ряд ограничений, связанных с разработанными моделями.

– Ограниченная выборка студентов. Эксперимент проводился на ограниченной выборке студентов (60 человек), которая может не отражать многообразие образовательных контекстов и разных групп учащихся. Студенты с разным уровнем подготовки, мотивации и предыдущего опыта взаимодействия с чат-ботами, программирования на Python, с использованием традиционных головоломок могут демонстрировать разную реакцию на задания, что ограничивает обобщаемость результатов.

– Ограниченный набор факторов. Модели не учитывают демографические факторы студентов, влияние внешних факторов. Эти факторы могут влиять на восприятие сложности и интерес к задачам, но они не были включены в анализ. Кроме того, не использовались временные параметры выполнения заданий в чат-боте, например длительности или частота ввода попыток.

– Субъективность оценок. Восприятие трудности и интереса к заданиям субъективны и могут варьироваться у разных учащихся. Модели основаны на самооценках участников, которые могут вносить искажения, связанные с индивидуальными предпочтениями.

– Линейные зависимости. Предположение о линейной зависимости между параметрами и воспринимаемой сложностью и интересом к заданиям может быть чрезмерным упрощением. Реальные отношения могут быть более сложными и нелинейными, что требует дальнейших исследований и более сложных моделей.

– Долгосрочные последствия. В эксперименте не учитываются долгосрочные эффекты от использования игрового чат-бота, такие как влияние на успеваемость, мотивацию и устойчивость интереса к процессу обучения с течением времени. Это ограничивает возможности делать выводы о долгосрочных последствиях внедрения таких технологий в образовательный процесс.

5. Структура чат-бота с искусственным интеллектом

Эффективность использования игрового образовательного чат-бота в обучении программированию зависит от ряда факторов, связанных с характеристиками студентов. К таким факторам относятся:

– Уровень владения навыками программирования: студенты с базовыми знаниями и опытом работы с языком программирования (в данном случае Python) получают больше пользы от использования чат-бота.

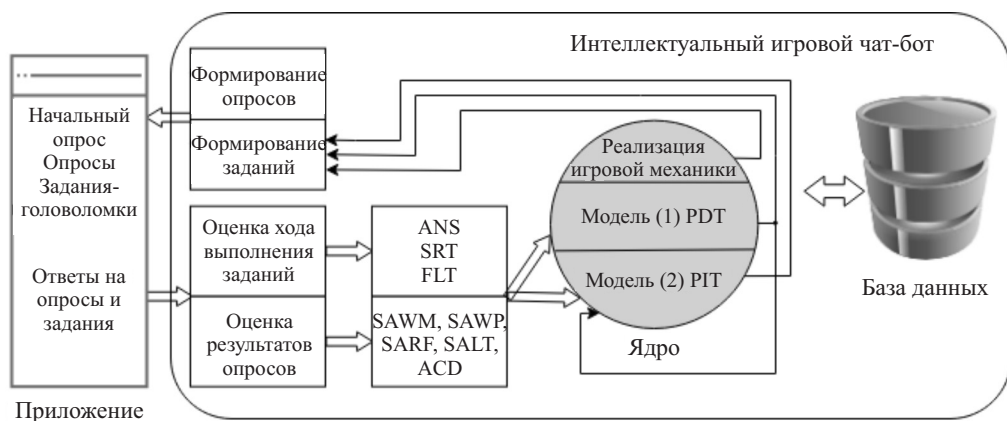


Рис. 5. Структура игрового чат-бота с искусственным интеллектом.

– Стратегии и траектории решения задач: способность студентов эффективно анализировать задачи, планировать шаги решения и использовать адекватные алгоритмы напрямую связана с их успехом в решении заданий.

Восприятие сложности заданий является ключевым фактором, влияющим на интерес к чат-боту. На восприятие сложности оказывают влияние:

– Когнитивные способности: объем рабочей памяти и уровень логического мышления играют важную роль в способности студентов справляться с заданиями.

– Объективная сложность заданий: сложность задач должна быть адекватна уровню подготовки студентов.

– Траектория решения: количество шагов, необходимых для решения задачи, может повлиять на восприятие ее сложности.

– Знание функций и команд языка программирования.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что использование игрового чат-бота новичками в программировании сопряжено с определенным риском. И необходим некоторый «пороговый» уровень подготовки студентов, включающий:

– Знание основных функций и команд Python.

– Наличие навыков чтения и написания программного кода.

Студенты с низким уровнем рабочей памяти, логического мышления или недостаточным знанием команд Python могут столкнуться с повышенной сложностью заданий, что негативно скажется на их интересе к чат-боту. Поэтому при внедрении игрового чат-бота в образовательный процесс важно учитывать индивидуальные особенности студентов и обеспечить «пороговый» уровень подготовки для его эффективного использования.

Можно предложить структуру игрового чат-бота с моделями по управлению заданиями-головоломками по типу Wordle для обучения программированию. Здесь по результатам опроса и передачи данных в чат-бот может

быть проведена оценка уровня сложности и интереса заданий, показывающая целесообразность использования чат-бота в текущий момент времени. Соответственно чат-бот в зависимости от полученных значений будет следить за целесообразностью использования, а в случае целесообразности в зависимости от используемой стратегии и выполнения заданий будет подбирать головоломки соответствующего уровня (рис. 5).

В виде псевдокода представим алгоритм работы интеллектуального игрового чат-бота.

Алгоритм 1. Работа интеллектуального чат-бота

Данные: Модели (1) и (2), результаты опроса и выполнения заданий

Результат: Рекомендация по использованию чат-бота, задание-головоломка

1. **if** *Первое задание-головоломка не было сформировано* **then**
2. Задание пороговых уровней PDT_i и PIT_i ;
3. Определение значений $SAWM$, $SARF$, $SALT$, $SAWP$, ACD по результатам тестирования и опроса;
4. Использование моделей (1) и (2) и определение начальных значений PDT_0 и PIT_0 ;
5. **if** $PDT_0 > PDT_i$ или $PIT_0 < PIT_i$ **then**
6. **return** *Рекомендация о нежелательном и преждевременном использовании игрового чат-бота в данный момент времени;*
7. **else**
8. **return** *Первое задание-головоломка;*
9. **end**
10. **end**
11. Контроль процесса решения задания-головоломки;
12. **if** *Задание-головоломка решено или израсходованы все попытки* **then**
13. Определение NS ;
14. Определение ANS ;
15. Определение PDT , PIT на основе моделей (1) и (2);
16. Определение параметров следующего задания-головоломки с учетом PDT и PIT ;
17. **return** *Новое задание-головоломка;*
18. **end**
19. Контроль длительности выполнения всего задания.

6. Заключение

Головоломки по типу Wordle можно использовать на этапе обучения программированию. В целом они являются достаточно интересным образова-

тельным инструментом для студентов. Однако их следует использовать, когда уровень компетенций студентов не является низким. В этом случае решение головоломок будет увлекательным и полезным. Также этот тип головоломок может быть не очень интересен студентам с низким уровнем оперативной памяти и логического мышления.

Поэтому внедрение в игровой чат-бот моделей машинного обучения, учитывающих показатели студента и ход выполнения задания, позволит чат-боту предсказывать воспринимаемую сложность заданий и интерес к ним. За счет этого можно адаптировать поведение чат-бота к уровню студента, чтобы сделать сложность заданий оптимальной, а интерес – максимальным.

Разработанные модели машинного обучения легли в основу алгоритма работы и структуры игрового чат-бота с искусственным интеллектом. На основе разработанной структуры была реализована новая версия игрового чат-бота. Апробация полученного чат-бота показала большой интерес к его использованию среди студентов, обучающихся программированию.

Некоторые параметры моделей (FLT, ANS, SRT, PDT) чат-бот может определять по результатам выполнения задания и использования модели 1. Однако для некоторых параметров (SAWM, SARF, SALT, SAWP, ACD) необходимо делать опросы хотя бы на начальном этапе подключения и запуска чат-бота и, желательно, корректировать их по мере использования чат-бота путем более частых опросов. В связи с этим представляет интерес замена субъективных показателей на объективные и поиск моделей, не содержащих субъективных показателей или в которых эти показатели выражены через параметры выполнения задания. Это будет основным направлением дальнейшей работы.

В дальнейшем планируется расширить выборку и учесть в моделях другие показатели, в частности демографические данные студентов и их опыт работы с чат-ботами, программирования на Python и решения традиционных головоломок. Планируем рассмотреть нелинейные модели влияния показателей на воспринимаемую сложность и интерес к заданиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mayer R.E. Computer Games in Education // *Ann. Rev. Psychol.* 2019. V. 70. P. 531–549. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-PSYCH-010418-102744>
2. Zhan Z., He L., Tong Y., et. al. The effectiveness of gamification in programming education: Evidence from a meta-analysis // *Comput. Educat.: Artific. Intelligence.* 2022. V. 3. 100096 p. <https://doi.org/10.1016/J.CAEAI.2022.100096>
3. Nouchi R., Taki Y., Takeuchi H., et. al. Brain Training Game Boosts Executive Functions, Working Memory and Processing Speed in the Young Adults: A Randomized Controlled Trial // *PLoS One.* 2013. V. 8. e55518 p. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0055518>
4. Huang V., Young M., Fiocco A.J. The Association Between Video Game Play and Cognitive Function: Does Gaming Platform Matter? // *Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw.* 2017. V. 20. P. 689–694. <https://doi.org/10.1089/CYBER.2017.0241>

5. *Selamat S.S., Nasir M.K., Adnan N.H.* Investigation of Computational Thinking Skills through Instructional Techniques, Games and Programming Tools // *Int. J. Learn. Teach. Educ. Res.* 2024. V. 23. No. 10. P. 435–452.
<https://doi.org/10.26803/ijlter.23.10.21>
6. *Parsons D., Haden P.* Parson's Programming Puzzles: A Fun and Effective Learning Tool for First Programming Courses // *Proceedings of the 8th Australasian Conference on Computing Education.* Australian Computer Society, Inc. 2006. V. 52. P. 157–163.
7. *Murphy M., Spillane K., Cully J., et. al.* Can Word Puzzles be Tailored to Improve Different Dimensions of Verbal Fluency? A Report of an Intervention Study // *J. Psych. Elsevier Publ.* 2016. V. 150. P. 743–754.
<https://doi.org/10.1080/00223980.2016.1182887>
8. *Friedlander K.J., Fine P.A.* Fluid Intelligence is Key to Successful Cryptic Crossword Solving // *J. Expert.* 2020. V. 3. P. 101–132.
9. *Juricic V., Radošević M.* Puzzle-like programming languages in teaching programming // *42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2019 – Proceedings.* Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 2019. P. 542–546.
<https://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8757192>
10. *Fakhoury S., Ma Y., Arnaoudova V., Adesope O.* The Effect of Poor Source Code Lexicon and Readability on Developers' Cognitive Load // *2018 IEEE/ACM 26th International Conference on Program Comprehension (ICPC).* Gothenburg, Sweden. 2018. P. 286–28610.
11. *Wassila D., Tahar B.* Using serious game to simplify algorithm learning // *International Conference on Education and e-Learning Innovations, ICEELI 2012.* 2012. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICEELI.2012.6360569>
12. *Liu Y., Tan J., Yang Z., et. al.* Application Study of Collaborative Multi-Model in Wordle Game // *5th International Conference on Machine Learning and Computer Application (ICMLCA).* 2024. P. 591–596.
13. *Zhang Z., Wang S., Sun D.* A Study of Wordle Games Based on Mathematical Models // *IEEE 2nd International Conference on Control, Electronics and Computer Technology (ICCECT).* 2024. P. 813–817.
14. *Wang S., Zhou G., Zhang Z., et. al.* Exploring wordle: a data-driven analysis of gameplay dynamics, mathematical modeling, and educational implications // *Proc. SPIE 13219, Fourth International Conference on Applied Mathematics, Modelling, and Intelligent Computing (CAMMIC 2024).* 2024. 132190F.
<https://doi.org/10.1117/12.3036932>
15. *Cunningham-Nelson S., Boles W., Trouton L., et. al.* A review of chatbots in education: Practical steps forward // *30th Annual Conference for the Australasian Association for Engineering Education (AAEE 2019): Educators Becoming Agents of Change: Innovate, Integrate, Motivate.* Engineers Australia, Brisbane, Queensland. 2019. P. 299–306.
16. *Setiawan H., Phillipson S.* The effectiveness of Game-Based Science Learning (GBSL) to improve students' academic achievement: A meta-analysis of current research from 2010 to 2017 // *REID (Research and Evaluation in Education).* 2019. V. 5. P. 152–168. <https://doi.org/10.21831/REID.V5I2.28073>

17. *Karakoç B., Eryılmaz K., Turan Özpolat E., et. al.* The Effect of Game-Based Learning on Student Achievement: A Meta-Analysis Study // *Technology, Knowledge and Learning*. 2020. V. 27. P. 207–222.
<https://doi.org/10.1007/S10758-020-09471-5>
18. *Connolly T.M., Boyle E.A., MacArthur E., et. al.* A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games // *Comput. Educ.* 2012. V. 59. P. 661–686. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2012.03.004>
19. *Vahldick A., Mendes A.J., Marcelino M.J.* A review of games designed to improve introductory computer programming competencies // *Proceedings – Frontiers in Education Conference, FIE*. 2014. P. 1–7. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044114>
20. *Miljanovic M.A., Bradbury J.S.* A review of serious games for programming // *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. 2018. V. 11243 LNCS. P. 204–216. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02762-9_21/COVER
21. *Giannakoulas A., Xinogalos S.* A Review of Educational Games for Teaching Programming to Primary School Students // *Handbook of Research on Tools for Teaching Computational Thinking in P-12 Education*. 2020. P. 1–30. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4576-8.ch001>
22. *Falkner N., Sooriamurthi R., Michalewicz Z.* Puzzle-based learning for engineering and computer science // *Computer (Long Beach Calif)*. 2010. V. 43. P. 20–28. <https://doi.org/10.1109/MC.2010.113>
23. *Khamparia A., Pandey B.* Effects of visual map embedded approach on students learning performance using Briggs-Myers learning style in word puzzle gaming course // *Comput. Elect. Engin.* 2018. V. 66. P. 531–540. <https://doi.org/10.1016/J.COMPELECENG.2017.12.041>
24. *Toma M., Halpern D.F., Berger D.E.* Cognitive Abilities of Elite Nationally Ranked SCRABBLE and Crossword Experts // *Appl. Cogn. Psychol.* 2014. V. 28. P. 727–737. <https://doi.org/10.1002/ACP.3059>
25. *Hambrick D.Z., Salthouse T.A., Meinz E.J.* Predictors of crossword puzzle proficiency and moderators of age-cognition relations // *J. Exp. Psychol. Gen.* 1999. V. 128. P. 131–164. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.128.2.131>
26. *Makasi T., Nili A., Desouza K.C., et. al.* A Typology of Chatbots in Public Service Delivery // *IEEE Softw.* 2022. V. 39. P. 58–66. <https://doi.org/10.1109/MS.2021.3073674>
27. *Marikyan D., Papagiannidis S., Rana O.F., et. al.* “Alexa, let’s talk about my productivity”: The impact of digital assistants on work productivity // *J. Bus. Res.* 2022. V. 142. P. 572–584. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2022.01.015>
28. *Kimani E., Rowan K., McDuff D., et. al.* A Conversational Agent in Support of Productivity and Wellbeing at Work // *8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, ACII 2019*. 2019. P. 332–338. <https://doi.org/10.1109/ACII.2019.8925488>
29. *Gkinko L., Elbanna A.* Hope, tolerance and empathy: employees’ emotions when using an AI-enabled chatbot in a digitalised workplace // *Information Technology and People*. 2022. V. 35. P. 1714–1743. <https://doi.org/10.1108/ITP-04-2021-0328/FULL/PDF>

30. *Bavaresco R., Silveira D., Reis E., et. al.* Conversational agents in business: A systematic literature review and future research directions // *Comput. Sci. Rev.* 2020. V. 36. 100239 p. <https://doi.org/10.1016/J.COSREV.2020.100239>
31. *Brandtzaeg P.B., Følstad A.* Why people use chatbots // *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. 2017. V. 10673 LNCS. P. 377–392. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70284-1_30
32. *Fotheringham D., Wiles M.A.* The effect of implementing chatbot customer service on stock returns: an event study analysis // *J. Acad. Mark. Sci.* 2023. V. 51. P. 802–822. <https://doi.org/10.1007/S11747-022-00841-2/TABLES/6>
33. *Ciechanowski L., Przegalinska A., Magnuski M., et. al.* In the shades of the uncanny valley: An experimental study of human-chatbot interaction // *Futur. Generat. Comput. Syst.* 2019. V. 92. P. 539–548. <https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2018.01.055>
34. *Thakkar J., Raut P., Doshi Y., et. al.* Erasmus AI Chatbot // *Int. J. Comput. Sci. Eng.* 2018. V. 6. P. 498–502. <https://doi.org/10.26438/IJCSE/V6I10.498502>
35. *Sidaoui K., Jaakkola M., Burton J.* AI feel you: customer experience assessment via chatbot interviews // *J. Servic. Management.* 2020. V. 31. P. 745–766. <https://doi.org/10.1108/JOSM-11-2019-0341/FULL/PDF>
36. *Zhou L., Paul S., Demirhan H., et. al.* Intelligence Augmentation: Towards Building Human-Machine Symbiotic Relationship // *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*. 2021. V. 13. P. 243–264. <https://doi.org/10.17705/1thci.00149>
37. *Gkinko L., Elbanna A.* The appropriation of conversational AI in the workplace: A taxonomy of AI chatbot users // *Int. J. Inf. Management.* 2023. V. 69. 102568 p. <https://doi.org/10.1016/J.IJINFORMGT.2022.102568>
38. *Rizomyliotis I., Kastanakis M.N., Giovanis A., et. al.* “How mAy I help you today?” The use of AI chatbots in small family businesses and the moderating role of customer affective commitment // *J. Bus. Res.* 2022. V. 153. P. 329–340. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2022.08.035>
39. *Chen Q., Gong Y., Lu Y., et. al.* Classifying and measuring the service quality of AI chatbot in frontline service // *J. Bus. Res.* 2022. V. 145. P. 552–568. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2022.02.088>
40. *Tam W., Huynh T., Tang A., et. al.* Nursing education in the age of artificial intelligence powered Chatbots (AI-Chatbots): Are we ready yet? // *Nurse Educ. Today.* 2023. V. 129. 105917 p. <https://doi.org/10.1016/J.NEDT.2023.105917>
41. *Zhu Y., Zhang J., Wu J., et. al.* AI is better when I’m sure: The influence of certainty of needs on consumers’ acceptance of AI chatbots // *J. Bus. Res.* 2022. V. 150. P. 642–652. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2022.06.044>
42. *Ruan Y., Mezei J.* When do AI chatbots lead to higher customer satisfaction than human frontline employees in online shopping assistance? Considering product attribute type // *J. Retailing Consum. Ser.* 2022. V. 68. 103059 p. <https://doi.org/10.1016/J.JRETCONSER.2022.103059>
43. *Janssen A., Rodríguez Cardona D., Passlick J., et. al.* How to Make chatbots productive – A user-oriented implementation framework // *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 2022. V. 168. 102921 p. <https://doi.org/10.1016/J.IJHCS.2022.102921>

44. *Lee D., Yeo S.* Developing an AI-based chatbot for practicing responsive teaching in mathematics // *Comput. Educ.* 2022. V. 191. 104646 p. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2022.104646>
45. *Liu C.C., Liao M.G., Chang C.H., et. al.* An analysis of children's interaction with an AI chatbot and its impact on their interest in reading // *Comput. Educ.* 2022. V. 189. 104576 p. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2022.104576>
46. *Johnson C., Urazov M., Zanolli E.* Escapeling: A Gamified, AI-Supported Chatbot for Collaborative Language Practice // *Lecture Notes in Networks and Systems.* 2022. V. 349. P. 141–148. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90677-1_14/COVER
47. *Варнаевский А.Н.* Сравнение показателей восприятия игрового чат-бота с заданиями-головоломками для обучения программированию с показателями восприятия других образовательных инструментов // *Информатика и образование.* 2024. Т. 39. № 4. С. 41–50. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2024-39-4-41-50>
48. *Варнаевский А.Н.* Использование игрового чат-бота для развития навыков алгоритмического и логического мышления // *Информатика и образование.* 2024. Т. 39. № 2. С. 48–58. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2024-39-2-48-58>
49. *Варнаевский А.Н.* Модели интереса, сложности и воспринимаемой полезности игрового чат-бота с головоломками по типу Wordle для обучения программированию // *Информационные технологии.* 2024. Т. 30. № 7. С. 372–381. <https://doi.org/10.17587/it.30.372-381>

Статья представлена к публикации членом редколлегии А.А. Галяевым.

Поступила в редакцию 29.11.2024

После доработки 09.01.2025

Принята к публикации 14.01.2025