

МРНТИ 14.35.07  
УДК 372.862

10.51889/2959-5894.2023.82.2.033

Г. Шынтай<sup>1\*</sup>, Г.Ж. Ерланова<sup>2</sup>, Н.Т. Шындалиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, г.Астана, Казахстан

<sup>2</sup> Университет Алихана Бөкейхана, г.Семей, Казахстан

\*e-mail: gulnar\_09@mail.ru

## ВЛИЯНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА НАВЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ МЫШЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ-ПРОГРАММИСТОВ

### Аннотация

В современном образовании используются все более продвинутые подходы к использованию технологий в учебном процессе, такие как виртуальная реальность. Образовательные игры и обучение на основе игр рассматриваются как один из способов формирования вычислительного мышления у учащихся. Целью данного исследования было изучить влияние разработанной нами игровой виртуальной среды под названием Kzcodevr на навыки программирования и вычислительное мышление студентов университета. Работа с приложением осуществлялась посредством персональных компьютеров и предполагала выполнение упражнений по программированию, в том числе объектно-ориентированное программирование, разработку алгоритмов и решение задач. В исследовании приняли участие 56 студентов-программистов, 28 из которых занимались программированием в Kzcodevr в течение 12 недель, в то время как контрольная группа проходила стандартную программу обучения. До и после эксперимента участники прошли два стандартизированных теста для оценки навыков программирования и вычислительного мышления. Результаты показали, что у экспериментальной группы были значительно более высокие результаты по итогам обоих тестов по сравнению с контрольной группой. Это позволяет предположить, что использование образовательных виртуальных сред может улучшать навыки программирования и развивать вычислительное мышление студентов. Результаты интервью свидетельствуют о том, что учащиеся остались удовлетворены работой с Kzcodevr.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, высшее образование, программирование, студенты, VR.

### Аңдатпа

Г. Шынтай<sup>1</sup>, Г.Ж. Ерланова<sup>2</sup>, Н.Т. Шындалиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

<sup>2</sup> Әлихан Бөкейхан университеті, Семей қ., Қазақстан

## БІЛІМ БЕРУГЕ АРНАЛҒАН ВИРТУАЛДЫ ОРТАНЫҢ БАҒДАРЛАМАШЫ СТУДЕНТТЕРДІҢ БАҒДАРЛАМАЛАУ ДАҒДЫЛАРЫНА ЖӘНЕ ЕСЕПТЕУ ҚАБІЛЕТІНЕ ӘСЕРІ

Қазіргі білім беруде оқу процесінде виртуалды шынайылық іспетті технологияны қолданудың жетілдірілген тәсілдері ендірілуде. Білім беруде ойындар мен ойынға негізделген оқыту білім алушылардың есептеу қабілетін қалыптастырудың бір әдісі ретінде қарастырылады. Бұл зерттеудің мақсаты біз әзірлеген kzcodevr деп аталатын ойын қолданылған виртуалды ортаның университет студенттерінің бағдарламалау дағдылары мен есептеу қабілетіне әсерін зерттеу болды. Қосымшамен жұмыс дербес компьютерлер арқылы жүзеге асырылды және бағдарламалау жаттығуларын, соның ішінде объектіге бағытталған бағдарламалауды, алгоритмдерді құрастыруды және есептерді шешу қарастырылды. Зерттеуге бағдарламау тобының 56 студенті қатысты, олардың 28-і Kzcodevr-де 12 апта бойы бағдарламалаумен айналысты, ал бақылау тобы стандартты оқу бағдарламасынан өтті. Экспериментке дейін және одан кейін қатысушылар бағдарламалау дағдыларын және есептеу қабілеттерін бағалау үшін екі стандартталған сынақтан өтті. Нәтижелер эксперименттік топтың бақылау тобымен салыстырғанда екі сынақтың нәтижелері бойынша айтарлықтай жоғары нәтижелерге ие екенін көрсетті. Бұл білім беру виртуалды орталарын пайдалану бағдарламалау дағдыларын жақсартуға және студенттердің есептеу қабілетін дамытуға мүмкіндік береді. Сұхбат нәтижелері оқушылардың Kzcodevr жұмысымен қанағаттанғанын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** виртуалды шынайылық, жоғары білім, бағдарламалау, студенттер, VR.

*Abstract*

**THE IMPACT OF AN EDUCATIONAL VIRTUAL ENVIRONMENT ON THE PROGRAMMING SKILLS AND COMPUTATIONAL THINKING OF PROGRAMMING STUDENTS**

*Shynatay G.<sup>1</sup>, Erlanova G.ZH.<sup>2</sup>, Shyndaliyev N.T.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

*<sup>2</sup> Alikhan Bokeikhan university, Semey, Kazakhstan*

Today's education utilizes increasingly advanced approaches to the use of technology in the learning process, such as virtual reality. Educational games and game-based learning are considered as one of the ways to foster computational thinking in students. The purpose of this study was to investigate the impact of a game-based virtual environment we developed called Kzcodevr on programming skills and computational thinking of undergraduate students. They worked with the application through personal computers to perform programming exercises, including object-oriented programming, algorithm design, and problem-solving. A total of 56 programming students took part in the study, 28 of whom used Kzcodevr for 12 weeks, while the control group had a standard curriculum. Before and after the experiment, participants completed two standardized tests to measure programming skills and computational thinking. The results showed that the experimental group had significantly higher scores on both tests compared to the control group. This suggests that the use of educational virtual environments can improve students' programming skills and computational thinking. The results of the interviews indicate that students were quite satisfied with Kzcodevr.

**Keywords:** virtual reality, higher education, programming, students, VR.

**Введение**

Компьютерное программирование – это искусство разработки исполняемых кодов для решения конкретных задач. Содержание образования в области компьютерного программирования постоянно развивается, например, от языка ассемблера до объектно-ориентированного программирования, такого как C++ [1, с. 1-11]. Сообщается, что практика развития навыков вычислительного мышления с целью содействия обучению программированию становится все более распространенной в высшем образовании [2]. Навыки вычислительного мышления, такие как рекурсивное мышление и навыки решения проблем, являются жизненно необходимыми для студентов высшего образования, изучающих информатику, чтобы подготовить их к будущим вызовам и требованиям рынка труда. В современном образовании используются все более продвинутые подходы к использованию технологий в учебном процессе, такие как виртуальная реальность (VR). Образовательные игры и обучение на основе игр рассматриваются как один из способов формирования вычислительного мышления у учащихся [3]. В настоящее время образовательные игры, основанные на технологии VR, считаются полезным инструментом для обучения информатике. Технология VR предполагает использование компьютерного моделирования для создания виртуального пространства и предоставляет пользователям сенсорные симуляции, в частности, зрительные. Когда пользователь выполняет движение, компьютер может мгновенно отображать это действие и воспроизводить трёхмерные образы, создавая ощущение присутствия. VR обеспечивает эффект погружения, присутствия, непосредственного контроля, вовлечения и взаимодействия между учащимися и объектами изучения, что должно способствовать улучшению когнитивных показателей студентов, в том числе рефлексивного мышления.

Мы полагаем, что использование образовательных VR приложений является перспективным подходом к развитию вычислительного мышления и навыков программирования у студентов высшего образования. Это обусловлено тем, что VR позволяет создавать моделируемую среду, в которой студенты могут заниматься практическим, экспериментальным обучением, что, как было показано, повышает эффективность обучения [4, с. 100452]. Более того, образовательные VR приложения предлагают более иммерсивный и интерактивный формат учебного процесса по сравнению с традиционным образованием. Это особенно важно для компьютерного программирования, которое требует высокой степени визуального и пространственного мышления. VR приложения могут обеспечить 3D пространство, которое позволило бы студентам визуализировать концепции программирования и увидеть, как они работают в действительности, что может помочь им лучше понять и запомнить комплексные идеи программирования. Поэтому мы выдвинули гипотезу о том, что включение нашего учебного игрового VR приложения в курс программирования для студентов университета может стать практичным и эффективным средством улучшения их вычислительного мышления и навыков программирования. На сегодняшний день опубликовано крайне мало работ о влиянии VR на вычислительное мышление и навыки программирования; при этом они изучают воздействие VR только на какой-либо один из данных параметров. Настоящее исследование может

способствовать заполнению данной лакуны. Насколько нам известно, это первое исследование, в котором оценивается влияние виртуального обучения одновременно на вычислительное мышление и навыки программирования студентов высшего образования. Целью исследования было сравнение навыков программирования и вычислительного мышления до и после тестирования между экспериментальной и контрольной группами, а также анализ фидбэка участников о работе с VR приложением.

### **Литературный обзор**

Данные исследований показывают, что использование игровых методик в качестве дополнения к стандартной учебной методике может содействовать углублению восприятия материала учащимися, расширить их учебный опыт и повысить успеваемость. Hooshyar et al. (2021) сообщают, что адаптивная компьютерная игра – Autothinking – оказалась эффективной для развития у студентов навыков вычислительного мышления [5]. В другом исследовании Bolivar et al. (2019) разработали VR игру для развития у учеников понимания информатики. Игра имитировала сценарий «Escape Room», где игрок мог принимать решения, воспроизводящие реальные ситуации. Авторы утверждают, что их игра способна пробудить в игроках интерес к информатике, предлагая простые игры в увлекательном формате, позволяющем игрокам получать удовольствие и одновременно изучать концепции информатики, такие как цикл, массивы и структура управления [6, с. 408-419]. Кроме того, Bouali et al. (2019) продемонстрировали, как игровые технологии VR могут помочь студентам в изучении концепций объектно-ориентированного программирования, таких как создание, инстанцирование и манипулирование объектами [7, с. 1-2], а Segura et al. (2020) разработали VR приложение под названием VR-OCKS для обучения студентов, изучающих информатику и инженерные науки, основным структурам управления в программировании, таким как итерация и условный оператор, при помощи управления человекоподобным персонажем в синтезированной среде. Было установлено, что эта виртуальная игра способствовала развитию творческого и логического мышления участников исследования [8, с. 31-41].

### **Методология исследования**

*Участники.* Участниками исследования стали 56 студентов второго курса (73% мужчин), специализирующихся в области программирования, со средним возрастом 20,5 лет ( $SD = 0,8$ ), учащиеся в университете (Астана, Казахстан). Применялись следующие условия включения в исследуемую выборку: (а) студент освоил как минимум один курс программирования, (б) студент не имел предшествующего опыта обучения с использованием VR, и (в) студент добровольно согласился участвовать в исследовании.

*Экспериментальное воздействие.* В исследовании использовалось специально разработанное нами VR приложение под названием Kzcodevr, которое включало ряд упражнений по программированию, в том числе объектно-ориентированное программирование, разработку алгоритмов и решение задач. Приложение было разработано с использованием Unity3D, популярного игрового движателя, позволяющего разрабатывать виртуальные среды, и написано на языке программирования C#. Пример упражнения по программированию в Kzcodevr включает создание объектно-ориентированной программы для виртуального робота. Упражнение требовало от студентов разработать программу, которая бы инструктировала робота перемещаться по виртуальной среде, избегая препятствий и выполняя задания (рисунок 1).

Студенты должны были использовать такие категории, как классы, методы и наследование, чтобы разработать эффективное и действенное решение. Экспериментальная группа ( $n = 28$ ) использовала Kzcodevr в общей сложности 30 часов в течение 12 недель в рамках университетского курса 2022/2023 учебного года. Мы установили приложение на персональные компьютеры в компьютерной аудитории, и студенты посещали её два раза в неделю, чтобы выполнять упражнения по программированию в игре под руководством исследовательской группы. Другие 28 студентов составили контрольную группу, в которой программа обучения не претерпела изменений.

*Оценка исследуемых характеристик.* До и после эксперимента участники экспериментальной и контрольной групп выполнили два стандартизированных теста, которые оценивали их навыки программирования и вычислительное мышление в компьютерной лаборатории под наблюдением исследователей. Навыки программирования оценивались с помощью теста Computer Programming Assessment Test (CPAT) [1, с. 1-11], состоящего из 35 вопросов с несколькими вариантами ответов, с

присуждением двух баллов за правильный ответ и 0 баллов за неправильный ответ; таким образом, возможная сумма баллов варьировалась от 0 до 70.



Рисунок 1. Снимок экрана в процессе управления роботом в Kzcodevr.  
Источник: составлено авторами.

Вычислительное мышление оценивалось с помощью опросника Computational Thinking Scale (CTS) [9, с. 579-602], состоящего из 15 пунктов (в оригинальной англоязычной версии 19 пунктов, но по результатам экспертной оценки 4 пункта были удалены из опросника ввиду их неинформативности), выраженных по пятибалльной шкале Лайкерта; следовательно, суммарная оценка варьировалась от 15 до 75 баллов. Оба теста были переведены с английского на русский язык двумя профессиональными переводчиками. Наконец, по окончании экспериментального периода с участниками экспериментальной группы было проведено интервью, чтобы собрать их отзывы о Kzcodevr и его влиянии на их обучение. Интервью были записаны с помощью цифрового аудиорекодера и расшифрованы нами.

#### *Анализ данных*

*Количественный анализ.* Для оценки изменений в навыках программирования и вычислительном мышлении, результаты до и после тестирования сравнивались в каждой группе с помощью парного t-теста. Для оценки межгрупповых различий проводился непарный t-тест. Для исключения влияния результатов предварительного тестирования использовался метод анализа ковариации (ANCOVA), где результаты предварительного тестирования являлись ковариатой, а группа (контрольная vs экспериментальная) являлась независимой переменной.

Статистический анализ осуществляли с помощью языка программирования R. Различия интерпретировали как статистически значимые при  $p < 0,05$ .

*Качественный (квалитативный) анализ.* Данные об опыте использования студентами Kzcodevr были собраны в ходе интервью после эксперимента, и общие темы, полученные из ответов участников, были вычленены из стенограмм с помощью процедур квалитативного анализа данных.

#### **Результаты исследования**

*Навыки программирования.* Результаты парных и непарных t-тестов для результатов оценки навыков программирования представлены в таблице 1. До эксперимента не наблюдалось значительного различия между баллами CPAT в контрольной и экспериментальной группах ( $p > 0,05$ ). У VR группы средний постэкспериментальный балл по навыкам программирования был значимо выше по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ). После 12-недельного исследования средний балл CPAT в экспериментальной группе был значимо выше, чем средний балл в этой же группе до эксперимента ( $p < 0,05$ ). В контрольной же группе средний показатель навыков программирования за время исследования не претерпел значимых изменений ( $p > 0,05$ ).

Анализ ANCOVA (таблица 2) обнаружил значимый основной эффект группы ( $F(1, 53) = 20,87, p < 0,001$ ), указывающий на то, что средний балл CPAT в экспериментальной группе был значительно выше, чем в контрольной группе, с учётом баллов, полученных до начала эксперимента. Влияние результатов предварительного тестирования на конечный эффект было незначимым ( $F(1, 53) = 0,22, p = 0,640$ ), что указывает на то, что результаты предварительного тестирования не предсказывали постэкспериментальное состояние навыков программирования в статистически значимой мере.

Таблица 1. Результаты *t*-тестов для навыков программирования (баллы Computer Programming Assessment Test) в контрольной и экспериментальной группах

| Группа            | До эксперимента<br>(среднее ± стандартное отклонение) | После эксперимента<br>(среднее ± стандартное отклонение) | После эксперимента,<br>парный <i>t</i> -тест<br>( <i>t</i> , <i>p</i> ) | После эксперимента,<br>непарный <i>t</i> -тест<br>( <i>t</i> , <i>p</i> ) |
|-------------------|---|--|---|---|
| Контрольная       | 38,5 ± 5,5  | 40,9 ± 5,8   | 2,56, <i>p</i> >0,05  | 2,14, <i>p</i> >0,05  |
| Экспериментальная | 37,8 ± 4,9  | 50,4 ± 6,2   | 7,45, <i>p</i> <0,05  | 10,12, <i>p</i> <0,05   |

Источник: составлено авторами.

Таблица 2. Результаты анализа ковариации для навыков программирования с учётом результатов предварительного тестирования

| Переменная                 | Сумма квадратов | <i>df</i> | Среднее квадратическое | <i>F</i> | <i>p</i> |
|----------------------------|-----------------|-----------|------------------------|----------|----------|
| Результаты до эксперимента | 10,12           | 1         | 10,12                  | 0,22     | 0,640    |
| Группа                     | 614,78          | 1         | 614,78                 | 20,87    | <0,001   |
| Остатки                    | 1096,28         | 53        | 20,67                  |          |          |

Источник: составлено авторами.

**Вычислительное мышление.** Результаты парных и непарных *t*-тестов для результатов оценки вычислительного мышления изложены в таблице 3. До эксперимента различие между баллами CTS в контрольной и экспериментальной группах было незначимым (*p* >0,05). В экспериментальной группе средний показатель вычислительного мышления значимо превышал контрольную группу (*p* <0,05), как и собственный предэкспериментальный уровень (*p* <0,05). Средний постэкспериментальный балл по CTS в контрольной группе существенно не отличался от предварительного значения (*p* >0,05).

Таблица 3. Результаты *t*-тестов для вычислительного мышления (Computational Thinking Scale) в контрольной и экспериментальной группах

| Группа            | До эксперимента<br>(среднее ± стандартное отклонение) | После эксперимента<br>(среднее ± стандартное отклонение) | После эксперимента,<br>парный <i>t</i> -тест<br>( <i>t</i> , <i>p</i> ) | После эксперимента,<br>непарный <i>t</i> -тест<br>( <i>t</i> , <i>p</i> ) |
|-------------------|---|--|---|---|
| Контрольная       | 51,5 ± 7,3  | 53,6 ± 7,6   | 2,61, <i>p</i> >0,05  | 1,23, <i>p</i> >0,05  |
| Экспериментальная | 50,2 ± 6,5  | 60,1 ± 7,4   | 6,56, <i>p</i> <0,05  | 8,31, <i>p</i> <0,05  |

Источник: составлено авторами.

Анализ ковариации (таблица 4) выявил статистически значимый основной эффект группы ( $F(1, 53) = 7,95, p = 0,007$ ), что свидетельствует о том, что средний балл CTS в экспериментальной группе был существенно выше, нежели в контрольной группе, с учётом состояния данного показателя до начала эксперимента. Влияние результатов предэкспериментальной оценки было незначимым ( $F(1, 53) = 1,11, p = 0,296$ ), что говорит о том, что результаты предварительного тестирования существенно не предсказывали уровень вычислительного мышления студентов по окончании исследования.

Таблица 4. Результаты анализа ковариации для вычислительного мышления с учётом результатов предварительного тестирования

| Переменная                 | Сумма квадратов | df | Среднее квадратическое | F    | p     |
|----------------------------|-----------------|----|------------------------|------|-------|
| Результаты до эксперимента | 8,15            | 1  | 8,15                   | 1,11 | 0,296 |
| Группа                     | 69,27           | 1  | 69,27                  | 7,95 | 0,007 |
| Остатки                    | 714,85          | 53 | 13,49                  |      |       |

Источник: составлено авторами.

*Качественный анализ данных интервью.* В таблице 5 представлены отзывы участников о Kzcodevr. Выделенные темы и подтемы показывают, что респонденты сочли виртуальную программу увлекательной, удобной и обеспечивающей прогресс. Студенты отметили, что трудности в работе с приложением, как и элементы геймификации, мотивировали их прилагать усилия. Удобство использования также было отмечено как немаловажная составляющая.

Таблица 5. Темы и подтемы из интервью с участниками экспериментальной группы

| Тема                       | Подтема             | Цитаты  |
|----------------------------|---------------------|---|
| Вызовы                     | Мотивация           | «Виртуализация сделала обучение более увлекательным, прогресс в разработке персонажа очень мотивировал».  |
|                            | Испытания           | «Задачи были действительно сложными, но они заставляли мыслить нестандартно и прогрессировать».   |
| Наглядность и энтертеймент | Эмпирика            | «Приложение помогло мне лучше понять некоторые концепции программирования, потому что я мог видеть их в действии. Это было намного интереснее и эффективнее, чем читать о них». |
|                            | Геймификация        | «Элементы геймификации, например, открытие новых уровней, сделали обучение более увлекательным и подталкивали к дальнейшей работе».   |
| Удобство использования     | Эргономичность      | «Приложение было интуитивно понятным. В меню и элементах управления было легко ориентироваться, я в общем-то быстро разобрался».  |
|                            | Простота управления | «Я могла относительно легко взаимодействовать с виртуальными объектами, это было интересно».  |

Источник: составлено авторами.

## Дискуссия

Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование нашего VR приложения оказало положительное влияние на навыки программирования и вычислительное мышление учащихся. Важно отметить, что данное исследование проводилось на относительно небольшой выборке и в специфическом контексте (второкурсники в одном университете), поэтому следует осторожно подходить к обобщению полученных результатов на другие выборки или условия. Тем не менее, эти результаты вносят вклад в корпус исследований, подтверждающих целесообразность использования виртуальных сред в качестве эффективного инструмента обучения программированию и развитию вычислительного мышления.

То, что занятия в VR-приложении оказали положительное влияние на навыки программирования и вычислительное мышления студентов, можно объяснить с помощью положений нескольких теорий обучения. Во-первых, теория когнитивной нагрузки предполагает, что обучение более эффективно, когда когнитивная нагрузка соответствующим образом регулируется [10, с. e18240]. Виртуальная реальность может обеспечить более захватывающий и увлекательный опыт обучения, что может снизить когнитивную нагрузку и способствовать лучшим результатам обучения. Возможно, Kzcodevr предоставлял информацию в более доступной для студентов форме, что позволило им более эффективно усваивать и запоминать информацию. Кроме того, теория ситуативного (контекстно-обусловленного) познания предполагает, что обучение более эффективно, когда оно происходит в контекстуально релевантной и иммерсивной среде [11]. Использование виртуальных упражнений на программирование согласуется с этой теорией в том смысле, что Kzcodevr мог предоставить студентам

возможность применять свои навыки программирования и вычислительного мышления в имитируемых сценариях, что потенциально повышало их способность переносить полученные знания и навыки в реальные ситуации. Такой активный, экспериментальный подход к обучению мог привести к более глубокому усвоению знаний и улучшению развития навыков.

Наше исследование показывает, что использование виртуальной игровой среды может быть эффективным инструментом для развития навыков программирования и вычислительного мышления у студентов университета. Это позволяет предполагать, что игровые VR приложения могут оказаться действенным средством для развития широкого спектра навыков в различных образовательных контекстах. В целом, результаты данного исследования могут стать основой для разработки и внедрения образовательных инструментов на основе виртуальной реальности в различных учебных условиях, а также способствовать более глубокому пониманию потенциальных преимуществ использования виртуальной реальности в образовании.

### Заключение

Таким образом, нами было экспериментально выявлено, что использование Kzcodevr эффективно для улучшения навыков программирования и вычислительного мышления студентов-программистов. Данное исследование показывает, что обучение на основе VR имеет многообещающий потенциал в качестве образовательного инструмента. Однако для полного понимания преимуществ и ограничений этого подхода потребуются дополнительные исследования, в том числе на студентах с различными стилями обучения, способностями и образовательным бэкграундом. Использование VR технологий в обучении программированию имеет серьёзный потенциал для трансформации обучения в области информатики за счёт создания иммерсивной среды для отработки навыков программирования и развития вычислительного мышления. Данное исследование подчёркивает важность изучения новых подходов к преподаванию и обучению в сфере компьютерных наук. Крайне важно адаптироваться к изменяющимся потребностям учащихся и меняющемуся миру технологий для того, чтобы образование в области информатики оставалось релевантным и эффективным. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы изучить потенциал обучения программированию на основе VR в различных контекстах и с большими выборками.

### Список использованной литературы:

- 1 Omeh C. B., Olewele C. J. *Assessing the Effectiveness of Innovative Pedagogy and Lecture Method on Students Academic Achievement and Retention in Computer Programming // Education Research International*. – 2021. – С. 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/5611033>
- 2 Agbo F. J., Olaleye S. A., Bower M., Oyelere S. S. *Examining the relationships between students' perceptions of technology, pedagogy, and cognition: The case of immersive virtual reality mini games to foster computational thinking in higher education // Smart Learning Environments*. – 2023. – № 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00233-1>
- 3 Agbo F. J., Oyelere S. S., Suhonen J., Tukiainen M. *Design, development, and evaluation of a virtual reality game-based application to support computational thinking // Educational Technology Research and Development*. – 2022. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10161-5>
- 4 Çoban M., Bolat Y., Göksu İ. *The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis // Educational Research Review*. – 2022. – № 36. – С. 100452. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>
- 5 Hooshyar D., Malva L., Yang Y., Pedaste M., Wang M., Lim H. *An adaptive educational computer game: Effects on students' knowledge and learning attitude in computational thinking // Computers in Human Behavior*. – 2021. – № 114. – 106575. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106575>
- 6 Bolivar S., Perez D., Carrasquillo A., Williams A. S., Rische N. D., Ortega F. R. *3D interaction for computer science educational VR game // Universal Access in Human-Computer Interaction. Theory, Methods and Tools: 13th International Conference, UAHCI 2019, Held as Part of the 21st HCI International Conference, HCII 2019*. – Изд-во: Springer International Publishing, Orlando, FL, USA. – July 26–31, 2019. – Proceedings, Part I 2. – С. 408-419.
- 7 Bouali N., Nygren E., Oyelere S. S., Suhonen J., Cavalli-Sforza V. *Imikode: A VR game to introduce OOP concepts // Proceedings of the 19th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. – 2019, November. – С. 1-2.
- 8 Segura R. J., del Pino F. J., Ogáyar C. J., Rueda A. J. *VR-OCKS: A virtual reality game for learning the basic concepts of programming // Computer Applications in Engineering Education*. – 2020. – № 28(1). – С. 31-41. <https://doi.org/10.1002/cae.22172>
- 9 Tsai M. J., Liang J. C., Hsu C. Y. *The computational thinking scale for computer literacy education // Journal of Educational Computing Research*. – 2021. – № 59(4). – С. 579-602. <https://doi.org/10.1177/0735633120972356>

10 Militello L. K., Sezgin E., Huang Y., Lin S. *Delivering perinatal health information via a voice interactive app (SMILE): Mixed methods feasibility study // JMIR Formative Research.* – 2021. – № 5(3). – С. e18240. <https://doi.org/10.2196/18240>

11 Rawski S. L., Foster J. D., Bailenson J. N. *Sexual harassment bystander training effectiveness: Experimentally comparing 2D video to virtual reality practice // Technology, Mind, and Behavior.* – 2022. – № 3(2). <https://doi.org/10.1037/tmb0000074>

References:

1 Omeh, C. B., & Olelewe, C. J. (2021). *Assessing the Effectiveness of Innovative Pedagogy and Lecture Method on Students Academic Achievement and Retention in Computer Programming.* *Education Research International*, 2021, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1155/2021/5611033>

2 Agbo, F. J., Olaleye, S. A., Bower, M., & Oyelere, S. S. (2023). *Examining the relationships between students' perceptions of technology, pedagogy, and cognition: The case of immersive virtual reality mini games to foster computational thinking in higher education.* *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00233-1>

3 Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Tukiainen, M. (2022). *Design, development, and evaluation of a virtual reality game-based application to support computational thinking.* *Educational Technology Research and Development.* <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10161-5>

4 Çoban, M., Bolat, Y., & Göksu, İ. (2022). *The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis.* *Educational Research Review*, 36, p. 100452. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>

5 Hooshyar, D., Malva, L., Yang, Y., Pedaste, M., Wang, M., & Lim, H. (2021). *An adaptive educational computer game: Effects on students' knowledge and learning attitude in computational thinking.* *Computers in Human Behavior*, 114, 106575. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106575>

6 Bolivar, S., Perez, D., Carrasquillo, A., Williams, A. S., Rishe, N. D., & Ortega, F. R. (2019). *3D interaction for computer science educational VR game.* In *Universal Access in Human-Computer Interaction. Theory, Methods and Tools: 13th International Conference, UAHCI 2019, Held as Part of the 21st HCI International Conference, HCII 2019, Springer International Publishing, Orlando, FL, USA, July 26–31, 2019, Proceedings, Part I 2*, pp. 408-419.

7 Bouali, N., Nygren, E., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Cavalli-Sforza, V. (2019, November). *Imikode: A VR game to introduce OOP concepts.* In *Proceedings of the 19th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, pp. 1-2.

8 Segura, R. J., del Pino, F. J., Ogáyar, C. J., & Rueda, A. J. (2020). *VR-OCKS: A virtual reality game for learning the basic concepts of programming.* *Computer Applications in Engineering Education*, 28(1), pp. 31-41. <https://doi.org/10.1002/cae.22172>

9 Tsai, M. J., Liang, J. C., & Hsu, C. Y. (2021). *The computational thinking scale for computer literacy education.* *Journal of Educational Computing Research*, 59(4), pp. 579-602. <https://doi.org/10.1177/0735633120972356>

10 Militello, L. K., Sezgin, E., Huang, Y., & Lin, S. (2021). *Delivering perinatal health information via a voice interactive app (SMILE): Mixed methods feasibility study.* *JMIR Formative Research*, 5(3), p. e18240. <https://doi.org/10.2196/18240>

11 Rawski, S. L., Foster, J. D., & Bailenson, J. N. (2022). *Sexual harassment bystander training effectiveness: Experimentally comparing 2D video to virtual reality practice.* *Technology, Mind, and Behavior*, 3(2). <https://doi.org/10.1037/tmb0000074>.