

Т.О. Каратаева¹ , А.К. Усенова² , Э.Д. Баженова^{2*} 

¹ Аркалыкский педагогический институт имени И. Алтынсарина, Аркалык, Казахстан

² Жетысуский университет имени И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан

*e-mail: e.bazhenova@api.edu.kz

РАЗВИТИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Парадигмальная трансформация современного образования обусловлена качественным изменением социокультурного профиля обучающихся – появлением поколения центениалов, чья когнитивная и коммуникативная деятельность изначально детерминирована цифровой средой. Раннее погружение детей в мир электронных устройств формирует их предпочтения и способы восприятия информации, что делает интеграцию цифрового инструментария в учебный процесс ключевым условием для повышения их вовлечённости и эффективности обучения. Цель исследования – изучить влияние цифровой учебно-методической среды, включающей компьютерную графику с 3D-моделированием, на развитие измерительных навыков учеников вторых классов.

В нерандомизированном контролируемом квази-экспериментальном исследовании участвовали 52 школьника, которых распределили на две группы согласно классам: опытную (n = 27) и группу позитивного контроля (n = 25). Цифровая среда охватывала два 45-минутных уроков для двух групп с применением программы Paint 3D, и основывалась на принципах когнитивного взаимодействия. Активная контрольная группа изучала единицы измерения массы, акцентируя внимание на осмыслении процесса их преобразования, а опытная группа обучалась по той же методике, но дополнительно производила измерения предметов, объясняя свои решения. Для оценки эффективности применённого режима был проведён 15-минутный пред- и пост-тест с иллюстрациями по определению интересующих навыков, подробно изложенный в целях обеспечения его потенциальной воспроизводимости другими педагогами. Тест состоял из пяти шкал, отражающих сущность измерения, знание эталонов, точность измерений объектов, объяснение решения, восприятие лексических соответствий.

Согласно ANCOVA-анализу, после имплементации опытная группа младших школьников продемонстрировала более точные результаты относительно сверстников из позитивного контроля в заданиях по измерениям предметов, о чём свидетельствует большой размер эффекта и значимое межгрупповое пост-тестовое различие. Школьники группы эксперимента лучше освоили навык объяснять и обосновывать свои решения – размер эффекта оценивали между средним и большим, межгрупповой разрыв оказался статистически значимым.

Ключевые слова: измерительные навыки, цифровая среда, 3D-моделирование, квази-эксперимент, цифровое образование, школьники, начальная школа.

T.O. Karataeva¹, A. K. Usenova², E.D. Bazhenova^{2*}

¹ Arkalyk Pedagogical Institute named after I. Altynsarin, Arkalyk, Kazakhstan

² Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Tal'dykorgan, Kazakhstan

*e-mail: e.bazhenova@api.edu.kz

Cultivating Measurement Skills in Primary Schoolers

The paradigmatic metamorphosis of contemporary pedagogy is predicated upon the qualitative transmutation of learners' sociocultural profile – the emergence of the centennial cohort, whose cognitive and communicative praxis is primordially circumscribed by the digital milieu. The precocious immersion of juveniles into the realm of electronic apparatuses engenders their predilections and modalities of information apprehension, rendering the incorporation of digital instrumentarium into the didactic process a cardinal prerequisite for augmenting their engagement and scholastic efficacy. The investigation's telos was to scrutinize the influence of a digital pedagogical-methodological ecosystem, encompassing computer graphics with three-dimensional modeling, upon the cultivation of mensurational competencies among second-grade pupils.

In a non-randomized controlled quasi-experimental inquiry, 52 scholastics participated, who were apportioned into two cohorts according to their classes: experimental (n = 27) and positive control (n = 25). The digital ecosystem encompassed two 45-minute sessions for both cohorts utilizing Paint 3D software, predicated upon cognitive interaction principles. The active control cohort studied mass mea-

surement units, emphasizing comprehension of their transformation processes, whilst the experimental cohort pursued identical methodology but additionally executed object measurements, explicating their resolutions. To assess the implemented mode's efficacy, a 15-minute pre- and post-assessment with illustrations for determining pertinent competencies was administered, elaborated comprehensively to ensure potential replicability by other pedagogues. The assessment comprised five scales reflecting measurement essence, standard cognizance, object measurement precision, solution explication, and lexical correspondence perception.

According to ANCOVA analysis, following implementation, the experimental cohort of primary scholars evinced more precise outcomes vis-à-vis their positive control counterparts in object measurement tasks, as evidenced by substantial effect magnitude and significant intergroup post-assessment disparity. The experimental cohort's schoolers demonstrated superior mastery of explicating and substantiating their resolutions – effect magnitude was evaluated between medium and large, with the intergroup lacuna proving statistically significant.

Key words: mensuration skills, digital environment, 3D modeling, quasi-experiment, digital education, pupils, elementary school.

Т.О. Каратаева¹, А.К. Усенова², Э.Д. Баженова^{2*}

¹Ы. Алтынсарин атындағы Арқалық педагогикалық институты, Арқалық, Қазақстан

²І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған, Қазақстан

*e-mail: e.bazhenova@api.edu.kz

Бастауыш сынып оқушыларының өлшеу дағдыларын дамыту

Қазіргі білім берудің парадигмалық трансформациясы білім алушылардың әлеуметтік-мәдени бейінінің сапалы түрде өзгеруіне байланысты – когнитивтік және коммуникативтік қызметі бастапқыда цифрлық орта арқылы қалыптасқан центениал ұрпағының пайда болуымен түсіндіріледі. Балалардың электронды құрылғылар әлеміне ерте қатыстыруы олардың ақпаратты қабылдау тәсілдері мен ұнататын бағыттарын қалыптастырады, бұл оқу үдерісіне цифрлық құралдарды біріктіруде олардың оқу белсенділігі мен тиімділігін арттырудың негізгі шартына айналдырады. Зерттеудің мақсаты – 3D модельдеумен компьютерлік графиканы қамтитын екінші сынып оқушыларының өлшеу дағдыларын дамытуға сандық оқу-әдістемелік ортаның әсерін зерттеу.

Рандомизацияланған бақыланатын квази-эксперименттік зерттеуге 52 мектеп оқушысы қатысты, олар сыныпқа сәйкес екі топқа бөлінді: тәжірибелік (N = 27) және позитивті бақылау тобы (n = 25). Сандық орта Paint 3D бағдарламасын қолдана отырып және когнитивті өзара әрекеттесу принциптеріне сүйеніп екі топқа арналған 45 минуттық екі сабақты қамтыды.

Белсенді бақылау тобы массаның өлшем бірліктерін зерттеп, оларды түрлендіру үдерісін ұғынуға баса назар аударды, ал тәжірибелі топ сол әдістеме бойынша оқыды, бірақ қосымша түрде заттарды өлшеп, өз шешімдерін түсіндіре отырып.

Қолданылған режимнің тиімділігін бағалау үшін қызығушылық дағдыларын анықтау бойынша иллюстрациялары бар 15 минуттық алдын-ала және пост-тест өткізілді, оны басқа мұғалімдердің ықтимал қайталануын қамтамасыз ету мақсатында егжей-тегжейлі баяндалды. Тест өлшеудің мәнін, стандарттарды білуді, объектілерді өлшеу дәлдігін, шешімді түсіндіруді, лексикалық сәйкестіктерді қабылдауды көрсететін бес шкаладан тұрды. ANCOVA талдауына сәйкес, имплементациядан кейін бастауыш сынып оқушыларының тәжірибелі тобы объектілерді өлшеу тапсырмаларында позитивті бақылаудағы құрдастарына салыстырғанда дәлірек нәтижелер көрсетті, бұл әсердің үлкен көлемімен және сынақтан кейінгі маңызды топаралық айырмашылықпен дәлелденді. Эксперимент тобының оқушылары өз шешімдерін түсіндіру және негіздеу дағдыларын жақсы игерді – әсер мөлшері орташа және үлкен арасында бағаланды, топтар арасындағы алшақтық статистикалық маңызды болды.

Түйін сөздер: өлшеу дағдылары, цифрлық орта, 3D- модельдеу, квази-эксперимент, цифрлық білім, оқушылары, бастауыш мектеп.

Введение

Современные школьники называют себя поколением, дословно «рождённым с гаджетами в руках» (Мынбаева, 2021: 29). Так характеризует себя Z-поколение, составляющая контингент нынешних школ, цифровые аборигены или центениалы, мировоззрение которых невозможно

рассматривать в отрыве от смарт-инструментов (Каратаева, 2024: 99).

Эволюция цифровых технологий коренным образом изменила ландшафт обучения, создав исключительные возможности для персонализации образования, но вместе с тем у глобальной образовательной системы возникли серьёзные задачи, требующие внимания. Безусловно,

инновационные технологии трансформируют современное образование с помощью цифровых инструментов, платформ и методологий, которые повышают эффективность процесса обучения. Указанные достижения существенно расширяют образовательные возможности, эволюционируя от аппаратного обеспечения – электронных планшетов и интерактивных досок, до популярных смарт-технологий – виртуальной / дополненной реальности и искусственного интеллекта.

Согласно недавним исследованиям, приоритетная роль компьютерных технологий в образовании утвердилась окончательно: они преодолевают ограничения стандартных инструментов обучения, фундаментально трансформируя способы формирования знаний, их применения на практике, а также обмена полученными знаниями (Тодио, 2025: 23). Произошёл переход к SMART-образованию, в условиях которого применяются передовой технологичный цифровой инструментариий, включая платформы для создания удобного интерактивного, и, главное, эффективного образовательного опыта (Абылкасымова, 2024: 5). Благодаря цифровым инновациям популяризируется междисциплинарный подход, сочетающий вычислительное мышление с естественными и гуманитарными науками, и в результате способствующий комплексному пониманию сложных концепций. Частично востребованность подхода связана с появлением 3D-моделирования в виртуальных средах.

Тотальная интеграция цифровых технологий в образовательные системы требует целенаправленного подхода, учитывающего гетерогенность учащихся, их потребности и социокультурный контекст (Каттарузза, 2019: 100332). Взаимодействуя с Z-генерацией, педагоги должны свободно оперировать цифровым инструментарием, а также определять и применять эффективные стратегии обучения, руководствуясь обратной связью (Дари, 2022: 46), причём для выполнения этого требования необходима надлежащая подготовка, позволяющая учителям сочетать технические навыки с педагогической чуткостью и этической осведомлённостью. Кроме того, эффективное внедрение цифровых технологий, в том числе ассистивных инструментов, предполагает не только достаточные технические знания, но и глубокое понимание образовательного потенциала и ограничений этих технологий, чтобы их можно было адаптировать к конкретным целям обучения и потребностям учащихся.

К примеру, цифровые учебные среды позволяют интегрировать новые дидактические темы в существующие занятия (Пост, 2025: 191), которые можно адаптировать, чтобы достичь высокой эффективности обучения. В нашей работе представлена среда для проведения уроков математики по измерению 3D-объектов. Высокое развитие измерительных навыков означают, что ребёнку хорошо известны размеры эталонных образцов, и он верно вычисляет искомые параметры объектов при их сопоставлении с данными эталонами. Обучение по 3D-моделям позитивно влияет на развитие пространственного мышления, что опосредовано может воздействовать и на измерительные навыки. Данный практический подход способствует углублённому пониманию геометрических и пространственных взаимосвязей, позволяя школьникам выполнять учебные задачи при взаимодействии 3D-объектами.

Несмотря на достаточное количество исследований по оценке эффективности методов развития вычислительного мышления (Лоретан, 2024), отмечена нехватка работ, содержащих доказательства положительного влияния цифровых подходов на развитие измерительных навыков младших школьников. В исследованиях рассматриваются измерительные навыки (в частности, оценка параметров длины, площади, массы объектов) (Петерс, 2025: 238), однако подходы к развитию измерительных навыков практически не демонстрируются и не проверяются эмпирическим путём, что обуславливает актуальность текущего исследования.

Аналогично, в научной среде не уделяется должного внимания отдельным показателям измерительных навыков, которые невозможно рассматривать самостоятельно, таким как знание об эталонах или объяснение решения (почему объект, по мнению ребёнка, имеет именно такие размеры). Так, учёные указывают на то, что ученики, не вникая, заучивают фактические знания об эталонных показателях, и пытаются их осмыслить только в процессе применения (Петерс, 2025: 238). К тому же, младшеклассники сталкиваются с дискурсивными проблемами при обосновании своих ответов, потому что не осознают, что впоследствии им нужно будет объяснять свои догадки, подкрепляя их рассуждениями (Предигер, 2025: em0816). Более того, детям с несформированным тезаурусом не хватает языковых средств для выражения своих идей, что относится к визуализации и лексическим соот-

ветствиям, описанным ниже. Изложенные проблемы подчёркивают необходимость корректировать стратегию обучения и производить поиск эффективных цифровых подходов.

Цель исследования – оценить влияние цифровой учебно-методической среды, включающей 3D-моделирование, на развитие измерительных навыков учеников 2-х классов.

Научная значимость текущей работы заключается в получении эмпирических доказательств эффективности использования 3D-моделирования в развитии измерительных навыков учащихся с выявлением конкретных аспектов, на которые предложенная цифровая методика оказывает значимое влияние: для каждого компонента будут рассчитаны размеры эффекта. С практической точки зрения, изучаемый нами подход к обучению является воспроизводимым, что позволяет продемонстрировать его эффективность в условиях других учебных заведений. Текущее и подобные исследования имеют социальную значимость, способствуя модернизации начального образования, внедрению smart-технологий в образовательный процесс, и в целом, повышают качество STEM-образования.

Обзор литературы

Исследователь Вейхер (2019) характеризует высокую точность измерения как значение, максимально приближенное к эталону. Следовательно, превосходные измерительные навыки характеризуются условием соблюдения высокой точности.

В работах Хуан (2020), Хот и др. (2023) отмечено, что успешное применение учащимися принципов декомпозиции и итерации применительно к единицам измерения, как и достаточная осведомлённость об эталонных образцах, значительно зависят от размера и доступности рассматриваемых объектов: с большим успехом дети измеряют длину маленьких и осязаемых предметов, в то время как длина неосязаемых или более крупных предметов может вызывать трудности. Тот же принцип работает применительно к массе, поскольку, как известно, объекты одного размера могут иметь различный вес, в том числе в зависимости от используемого при их изготовлении материала, что также вызывает значительные трудности (Петерс, 2025: 238). При тестировании измерительных навыков уча-

щихся следует учитывать изложенные нюансы: тесты должны содержать задания с измерениями не только больших, но и маленьких видимых и невидимых, осязаемых и неосязаемых объектов (Вейхер, 2019: 11).

Практиковать и развивать измерительные навыки у цифровых аборигенов позволяют увлекательные 3D-технологии, которые с недавнего времени привлекают всё большее внимание учёных. Так, физически измерять размеры позволяют учащимся 3D-печатные модели, что, согласно научным данным, приводит к лучшему пониманию концепций измерения (Фук, 2024: 143-152). Ранее сообщалось, что использование 3D-графики повышает навыки пространственной ориентации, с этим согласны учёные Мараза-Квиспе и др. (2024), утверждая, что указанный цифровой метод обладает значительной универсальностью, его можно адаптировать под потребности учащихся, повышая мотивацию к обучению.

Группа исследователей Чен и др. (2024) уверены в том, что для эффективного развития измерительных навыков и пространственного мышления решающее значение имеют снижение когнитивной нагрузки и повышение навыков решения проблем, которых можно достичь благодаря погружению в виртуальную реальность на занятиях 3D-моделированием.

Несмотря на недостаточную разработанность темы исследования, характеризующейся скудностью авторитетной научной литературы, можно согласиться с исследователями Судирман и др. (2022), которые сообщают, что интерактивный характер 3D-моделирования повышает вовлечённость учащихся, делая обучение более приятным и эффективным.

Описывая преимущества интеграции 3D-моделирования в образовательный процесс, нельзя не упомянуть то, что некоторые учителя выражают обеспокоенность по поводу потенциальной чрезмерной зависимости школьников от технологий, что может ослабить их навыки критического мышления. Однако Кошкун и Дениз (2021) заключили, что обучение 3D-моделированию, напротив, способствует развитию данного типа мышления, как и повышению измерительных навыков, креативности и навыка сотрудничества младшеклассников. Для обеспечения всестороннего развития важно соблюдать баланс в образовательных подходах.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 52 второклассника двух классов КГУ «Средняя школа-лицей № 5 имени М. В. Ломоносова» г. Талдыкорган. Предварительно получено согласие родителей учеников на квази-экспериментальную имплементацию, в качестве которой выступала цифровая учебно-методическая среда для развития у учащихся начальных классов

измерительных навыков. Имплементация была организована в кабинетах информатики и характеризовалась двумя 45-минутными уроками, на которых школьники в программе Paint 3D (разработчик Microsoft Corporation, версия 6.210.13017.0), благодаря 3D-моделированию знакомились с параметрами объектов и изучали единицы измерения (рис. 1). Выбор программного обеспечения обоснован широкой доступностью и популярностью инструмента.

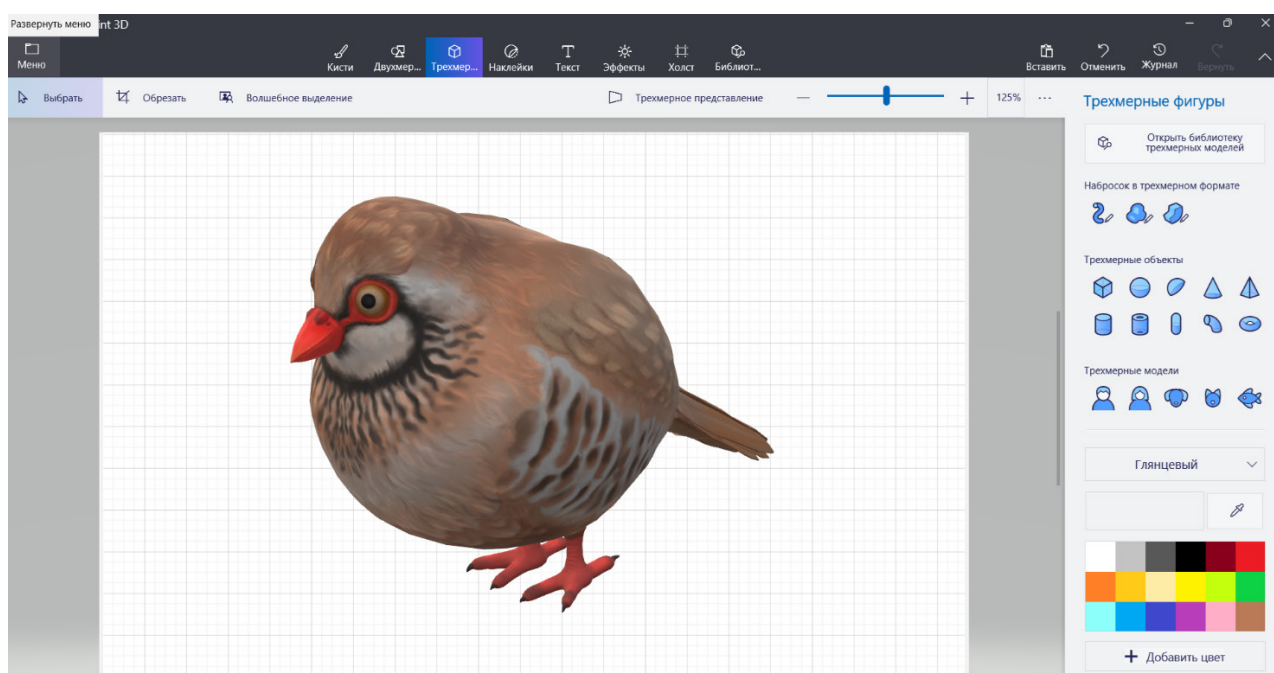


Рисунок 1 – Демонстрация работы в программе Paint 3D

В рамках текущей темы сформулированы следующие исследовательские гипотезы:

1. После изучения размеров объектов в цифровой учебно-методической среде школьники улучшили свои измерительные навыки.

2. Измерительные навыки у учеников, измерявших объекты с последующим объяснением своих предположений по поводу их размеров, развивались эффективнее, чем у школьников, акцентировавших внимание на понимании процесса преобразования величин.

Согласно разработанному дизайну исследования, детей разделили на две группы (контрольная / опытная) в зависимости от метода обучения, исключительно по классам. Рандомизированное индивидуальное распределение не представлялось целесообразным: квази-

экспериментальный принцип распределения младшеклассников позволил сохранить состав учебных классов нетронутым в целях обеспечения экологичного общения между сверстниками, исключения периода адаптации и тесного знакомства участников, избегания учебных конфликтов и проблем, связанных с дисциплиной.

Группа школьников позитивного (активного) контроля ($n = 25$) в условиях цифровой среды изучала единицы измерения массы, уделяя пристальное внимание преобразованию величин. Опытная группа ($n = 27$) обучалась по той же методике, но дополнительно ребята производили измерения объектов, объясняя свои умозаключения по поводу их размеров. Следовательно, неизменными эффектами в обеих группах

являлись изучение единиц измерения массы и уровень вовлечённости, обеспеченный активным взаимодействием второклассников с технологичной сферой.

Предварительно для оценки уровня начальной подготовки, а затем, для определения эффективности применённого метода в развитии измерительных навыков, участников обе-

их групп попросили выполнить задания теста (рис. 2). Тест занимал около 20-ти минут, состоял из 28 вопросов и включал 5 шкал, охватывающих показатели уровня измерительных навыков: сущность измерения, знания эталонов, точность измерений объектов, объяснение своего ответа (решения), восприятие лексических соответствий.



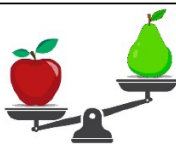
Шкала	Кол-во вопросов	Макс. балл	Пример задания
Точность измерений	12	24	Каков примерный вес надувного мяча?*
			Твой ответ: _____ Может ли эта оценка быть верной? <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Не знаю 
			Самосвал весит 2 тонны. Это верно? <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Не знаю 
Объяснение решения	4	10	Объясни, почему ты думаешь, что этот предмет весит именно столько?
Сущность измерения	3	3	Какое утверждение об измерении является верным? <input checked="" type="checkbox"/> Измерение – это предположение. <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Не знаю <input checked="" type="checkbox"/> Для измерения нужно сравнивать объекты между собой. <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Не знаю <input checked="" type="checkbox"/> Измеряя, мы получаем такие же точные параметры, как и при взвешивании. <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Не знаю
Знание эталонов	4	4	Укажи предмет, который: <input checked="" type="checkbox"/> весит около одного килограмма: _____ <input checked="" type="checkbox"/> весит около ста граммов: _____ <input checked="" type="checkbox"/> весит около одной тонны: _____ <input checked="" type="checkbox"/> весит около трёхсот килограммов: _____
Лексическое соответствие	5	2,5	Какое утверждение верное? <input type="checkbox"/> Чаша весов с яблоком перевешивает. <input type="checkbox"/> Чаша весов с грушей перевешивает. <input type="checkbox"/> Весы находятся в равновесном состоянии. 
Общий балл	28	43,5	-
<i>*Допустимо использовать дополнительные элементы без изображения и в сравнении с объектами, которых школьник не видел вживую (например, кенгуру).</i>			

Рисунок 2 – Иллюстрация теста по измерительным навыкам

Для оценки шкалы точности измерений (рис. 2) использовались задания, предполагающие измерение знакомых и менее знакомых объектов, иногда сопровождаемых иллюстрациями (Хот, 2023: 1841-1864). Открытые вопросы (6 из 12-ти пунктов) рассчитывались по тому, насколько точно школьник указывал массу предложенного предмета: 3 балла присваивали при отклонении от истинной массы меньше, чем на 25 %, 2 балла – для интервала 26-50 %, 1 балл – 51-75 %, 0,5 баллов – при отклонении в диапазоне 76-89 %, и 0 баллов – для интервала 90-100 %. Закрытые задания включали 4 вопроса, в которых младшеклассникам предлагалось выбрать один из вариантов оценки точности измерения, а также 2 пункта с согласием или несогласием массы указанного в вопросе объекта.

Объяснение решения оценивалось по четырём вопросам теста (рис. 2), два из которых были открытыми. Для двух закрытых пунктов применяли систему измерения математической корректности и дискурсивной разработки аргументации с данными (а), обоснованием (б) и заключением (в) (Петерс, 2025: 238):

Оценка размеров предмета учащимся была такой ввиду того, что:

- (а) основана на достоверной информации или явном эталоне;
- (б) основана на экспликации лексических словосочетаний для сравнения объектов;
- (в) индивид знает параметры объекта, может объяснить их, и сделать выводы.

При этом не учитывались объяснения следующего характера:

- *потому что он выглядит больше / меньше;*
- *потому что он полный / пустой;*
- *потому что мне так сказала бабушка;*
- *потому что я знаю это наверняка, но не могу подтвердить.*

Понимание школьниками сущности измерения оценивали по трём вопросам о верности утверждений с несколькими вариантами ответов (рис. 2). За каждый правильный ответ начисляли по одному баллу.

Знания учащихся об эталонах отражали ответы на 4 вопроса, в которых требовалось указать объекты заданного веса (рис. 2). Ответы второклассников на каждый вопрос оценивались как допустимые (1 балл) и недопустимые (0 баллов).

Допустимый ответ подразумевал отклонение ± 25 % от массы эталона.

Чтобы убедиться, что учащиеся не испытывают трудностей в восприятии лексических соответствий, необходимых для формулирования сравнений и визуализации, а также хорошо знакомы с принципом работы весов, в рамках последней шкалы теста (рис. 2) были приведены 5 вопросов с несколькими вариантами ответов, за каждый правильный ответ начисляли 0,5 баллов, за неправильный – 0 баллов.

Для достижения цели исследования были проведены пять анализов ковариации (ANCOVA), позволяющих проверить выдвинутые в ходе работы гипотезы, а также изучить пост-квази-экспериментальные изменения в измерительных навыках школьников под воздействием обучения в 3D-среде. Значение частичного эта-квадрата (η^2_p) демонстрировало величину эффекта применённой методики на измерительные навыки. Руководствуясь значениями 0,01; 0,06 и 0,14, эффект оценивали как малый, средний и большой, соответственно. Гомогенность дисперсий определяли расчётом критерия Левена. Нормальность распределения значений регистрировали тестом Шапиро-Уилка. Вычислительные манипуляции производили с помощью языка программирования R. По традиционной методике, порог статистической значимости был установлен на уровне $p < 0,05$.

Результаты

В первую очередь, представим данные дескриптивной статистики (таблица 1). Согласно проведённому R-анализу, для зависимых переменных были рассчитаны средние значения по группам, а также стандартные отклонения.

Предварительные тестовые баллы по шкале точности измерений свидетельствуют о том, что в обеих группах школьники набрали $\sim 50\%$: при максимальном балле, равном 24, среднее значение в контрольной группе (μ^k) составило 11,8 (49,17 %), а в экспериментальной (μ^3) – 12,1 (50,42 %), следовательно, количество точных и неточных измерений было приблизительно равным. В пост-тесте результат в обеих группах увеличился: значение $\mu^k = 15,6$ (65,0 %); $\mu^3 = 17,6$ (73,33 %), указывая на то, что ученики стали точнее измерять объекты.

Таблица 1 – Данные расчёта дескриптивной статистики

Тест	$\mu \pm \sigma$	$\mu \pm \sigma$
	Контрольная группа (n = 25)	Экспериментальная группа (n = 27)
Точность измерений		
Пред-тест	11,8 ± 2,78	12,1 ± 3,44
Пост-тест	15,6 ± 3,06	17,6 ± 2,27
Объяснение решения		
Пред-тест	4,12 ± 1,92	3,96 ± 2,1
Пост-тест	5,2 ± 1,66	6,0 ± 1,92
Сущность измерения		
Пред-тест	1,48 ± 1,05	1,59 ± 1,08
Пост-тест	1,96 ± 0,978	2,22 ± 0,751
Знание эталонов		
Пред-тест	1,76 ± 1,16	1,89 ± 1,4
Пост-тест	2,56 ± 0,87	3,11 ± 1,01
Лексическое соответствие		
Пред-тест	1,44 ± 0,634	1,31 ± 0,737
Пост-тест	1,64 ± 0,587	1,69 ± 0,542

Баллы, начисленные второклассникам по итогам предварительного тестирования за объяснение решения были ниже 50 %: из 10-ти возможных баллов ученики набрали $\mu^3 = 3,96$ (39,6 %); $\mu^K = 4,12$ (41,2 %). Это показывает, что объясняли и обосновывали свои результаты измерения размеров объекта меньше половины участвующих в исследовании школьников, в то время как большинство детей полагалось на угадывание, объясняло тактику измерения некорректно, без представления об эталонах, или не обосновывало своих ответов. По данным итогового теста картина претерпела изменения ($\mu^K = 5,2$ (52,0 %); $\mu^3 = 6,0$ (60,0 %)), что в условиях ограниченной по времени имплементации может считаться хорошим результатом.

Изначально около половины всех учеников неправильно понимали сущность измерения ($\mu^K = 1,48$ (49,33 %); $\mu^3 = 1,59$ (53,0 %) при максимальных 3-х баллах), а также имели хрупкие представления об эталонах ($\mu^K = 1,76$ (44,0 %); $\mu^3 = 1,89$ (47,25 %) из возможных 4-х баллов). В пост-тесте показатель сущности измерения повысился ($\mu^K = 1,96$ (65,33 %); $\mu^3 = 2,22$ (74,0 %)), как и улучшились представления младшеклассников об эталонах величин ($\mu^K = 2,56$ (64,0 %); $\mu^3 = 3,11$ (77,75 %)), демонстрируя результативность учебно-методической среды.

Понимание лексических фраз и соответствий школьников в пред-тесте было выше 50 %: из возможных 2,5 баллов участники набрали $\mu^3 = 1,31$ (52,4 %); $\mu^K = 1,44$ (57,6 %), а в пост-тесте значения повысились ещё больше: $\mu^K = 1,64$ (65,6 %); $\mu^3 = 1,69$ (Э 67,6 %), что может свидетельствовать о достаточных предварительных знаниях обучающихся.

По данным следующего анализа установлено, что статистическая незначимость критерия Левена подтвердила гомогенность дисперсий в результатах по всем пяти шкалам: точности измерений ($p_1 = 0,075$), объяснения решения ($p_2 = 0,061$), сущности измерения ($p_3 = 0,321$), знания эталонов ($p_4 = 0,583$) и лексических соответствий ($p_5 = 0,39$). Аналогично, после выполнения теста Шапиро-Уилка констатировали нормальность распределения данных по всем шкалам: $p_1 = 0,154$; $p_2 = 0,504$; $p_3 = 0,055$; $p_4 = 0,084$; $p_5 = 0,177$, соответственно.

Согласно данным пяти ковариационных анализов ANCOVA (по одному на каждую шкалу), экспериментальная группа младшеклассников продемонстрировала в заданиях по измерениям объектов более точные результаты, чем сверстники контрольной группы, причём межгрупповое пост-тестовое различие отмечали как статистически значимое, а размер эффекта

характеризовали как большой ($F(1, 49) = 8,61$; $p = 0,005$; $\eta^2 p = 0,15$).

Навык объяснять и обосновывать свои решения по завершении обучения в 3D-среде в большей степени приобрели второклассники группы эксперимента. С размером эффекта, оцениваемым между средним и большим, опытная группа со статистически значимым разрывом в межгрупповом различии опередила контрольных учеников из параллели ($F(1, 49) = 5,58$; $p = 0,022$; $\eta^2 p = 0,102$). Контент-анализ открытых ответов на вопросы теста по окончании квази-эксперимента позволил выявить сокращение числа школьников, которые изначально не могли сформулировать чётких объяснений по поводу принятого решения. В опытной группе прослеживалось снижение неприемлемых догадок и лучшее доказательное объяснение индивидуальных оценок размеров объектов.

Средний размер эффекта со статистически значимым межгрупповым различием регистрировали в пост-тестовой оценке уровня знания эталонов у учеников опытной группы в сравнении с ребятами группы контроля ($F(1, 49) = 4,179$; $p = 0,046$; $\eta^2 p = 0,079$).

Ещё один показатель, демонстрирующий, согласно анализу ковариации, средний эффект воздействия, но при этом не достигший уровня статистической значимости межгрупповых различий к окончанию квази-эксперимента, – восприятие лексических соответствий ($F(1, 49) = 2,56$; $p = 0,116$; $\eta^2 p = 0,05$). Тем не менее, экспериментальная группа детей показала лучшие результаты в пост-тестировании относительно сверстников из контрольной группы, как и при анализе сущности измерения. Правда, во втором случае размер эффекта был малым, незначительным, а различие значений между группами – статистически незначимым ($F(1, 49) = 1,06$; $p = 0,307$; $\eta^2 p = 0,021$). Малый эффект возможно объяснить тем, что при краткосрочных вмешательствах в рандомизированных исследованиях достичь больших эффектов возможно далеко не всегда (Петерс, 2025: 238).

Таким образом, обе гипотезы исследования нашли своё подтверждение в настоящей работе. Доказано, что измерительные навыки в цифровой учебно-методической среде улучшили ученики начальных классов из обеих групп. При этом у школьников, объяснявших при измерении объектов свой принцип оценивания, измерительные навыки развивались эффективнее,

чем у сверстников, изучавших преобразование величин.

Обсуждение

Учёные установили, что измерительные навыки категорически не могут быть одномерной величиной. Кроме того, отдельные показатели, как, к примеру, знание об эталонах или объяснение стратегии оценки, также не могут рассматриваться как независимые измерения, поскольку лежащие в их основе когнитивные модели демонстрируют зависимость от главной цели (Хуан, 2020: em1923; Хот, 2023: 1841-1864). Пять шкал теста, подробно описанные в настоящем исследовании, предназначены для комплексного охвата соответствующих способностей младшеклассников.

В настоящее время ведётся активная разработка инструментария для оценки измерительных навыков школьников. Так, учёный Вейер (2019) представила методику для разработки задач комплексной оценки длины и ширины, площади, массы и объёма объектов, а именно письменный оценочный тест для учащихся 3-х и 4-х классов с восемью отдельными типами задач для каждой меры, который прошёл апробацию на 137-ми учениках и продемонстрировал высокую валидность.

В германско-тайваньском исследовании группа учёных под руководством Хот (2023) представила структурную модель для оценки измерительных навыков. Исследователей интересовал анализ структуры измерительных навыков при оценке длины объекта, в этой связи они разработали одноимённый тест, который прошёл апробацию на школьниках 3-х и 4-х классов из Германии и Тайваня. По результатам факторного анализа была предложена трёхмерная модель измерительных навыков по показателю длины, включающая оценку длины (1) малых, (2) больших осязаемых, (3) больших неосязаемых объектов. В выводах отмечается, что тайваньские школьники достигли лучших результатов в точности измерения малых и больших осязаемых объектов, а немецкие ученики начальной школы опережали сверстников по точности измерения больших неосязаемых объектов. В нашем исследовании мы не производили дифференциацию измеряемых участниками объектов по габаритам, однако это было бы интересной темой для будущих исследований.

Результаты текущей работы обладают высокой согласованностью с данными, представленными учёными Судирман и др. (2022), доказавшими, что экспериментальная имплементация 3D-программы благоприятно повлияла на измерительные навыки, развивая пространственное мышление учащихся начальных классов. В результате школьники продемонстрировали блестящее знание эталонов и могли аргументировать свои оценочные суждения, активизируя ранее полученные знания.

В исследовании Фук и Там (2024) изучается потенциал печатных 3D-технологий в улучшении измерительных навыков. Созданные для облегчения практического обучения учащихся модели позволяли ученикам взаимодействовать с ними напрямую, измеряя инструментальными методами, вычисляя параметры с помощью математических подходов, и экспериментируя подобным образом. Авторы сообщают, что дети в значительной степени повысили свои измерительные и вычислительные навыки. В нашем исследовании 3D-модели были представлены исключительно в графическом виде, однако у школьников аналогично регистрировали повышение измерительных навыков, а вычислительные нами не изучались.

В исследовании казахстанских учёных Дуйсеевой и др. (2024) рассматривалась цифровая платформа обучения, которая, следуя данным об учебных достижениях, подбирала детям подходящие ресурсы и обеспечивала индивидуальное руководство. Результаты демонстрировали повышение концептуального понимания учащихся и формирование у них позитивных представлений об образовании. Исследователи сообщают, что технологический подход позволяет учитывать различия в предварительных знаниях, повышая результативность обучения и создавая захватывающую учебную среду. В текущем исследовании имплементируемая методика повысила интерес второклассников к изучению математики.

Группа учёных Петерс и др. (2025) определили дополнительные факторы, оказывающие влияние на измерительные навыки. К примеру, повышение показателя зависело от условия, что ребёнок владеет навыками чтения: учащихся просили читать задания в ходе просмотра видеоролика, что оказалось проблемой для детей с низкой скоростью чтения. Авторы предложили применять видеоролики с аудиосопровождением. Они также установили, что на снижение

изучаемого показателя не влияет социально-экономический статус, владение несколькими языками и иммигрантское происхождение. В нашем исследовании подобные предикторы не изучались, однако частично совпадала методология.

Для Казахстана требуется подготовка педагогов, способных ориентироваться и управлять сложностью современной технологической экосистемы, ведь только благодаря этой синергии возможно выстроить образовательную систему, которая гармонично интегрирует технологии, превращая их из потенциально полезных инструментов в по-настоящему трансформационные ресурсы для обучения. В этой связи подчеркнём, что первостепенными задачами SMART-образования являются поддержка учащихся и повышение эффективности их обучения (Шуре, 2025: 18). Исследователи уверены, что совместное создание с учениками различных цифровых материалов обладает особенной воспитательной важностью, и безусловно, данный процесс может расцениваться как синергия теории и практики (Карппинен, 2019: 59). Качественные наблюдательные исследования документально подтвердили, что учителя адаптируют задания из учебников под интересы учащихся, при этом прогрессивные действия педагогов создают совершенно новые позитивные возможности обучения (Дрёзе, 2025: 4), что достойно одобрения.

Согласно Мынбаевой А., в контексте смены образовательной парадигмы и перехода к SMART-образованию: *«...Погружаясь в содержание образования, изучая его, мы сталкиваемся с неисчислимым множеством знаний и умений, которые можно приобрести в жизни, с обилием теорий и стратегий обучения, согласно которым возможно организовать процесс обучения»* (Мынбаева, 2019: 6). Выбирая профессию педагога, нужно быть готовым не только учить, но и учиться, и непрерывно совершенствоваться на протяжении всей своей жизни.

Заключение

Основная цель школьной математики – подготовить подрастающее поколение к естественному уверенному применению приобретённых вычислительных навыков в повседневной реальности (Бахмат, 2019: 89). Измерительные навыки актуальны, жизненно необходимы, и, следовательно, должны практиковаться на уроках математики. Согласно полученным результатам

данного исследования, измерительные навыки могут быть развиты активным использованием заданий для школьников и внутригрупповой динамической работой в течение нескольких уроков. Опытная группа школьников после применённой методики показала значительно больший прогресс, чем участники контрольной группы, не производившие измерений предметов с рефлексией принятых решений, а изучавшие процесс преобразования величин.

Несмотря на технологические достижения последних трёх десятилетий, образовательные системы продолжают испытывать трудности в полной интеграции широкого спектра доступных смарт-устройств, приложений и методологий. Причём проблема носит не только технический, но и культурный, и организационный характер, поскольку она связана с необходимо-

стью переосмысления устоявшихся подходов к обучению и реорганизации учебных стратегий. Стремительное развитие и огромный выбор инноваций часто превосходят возможности образовательных систем по их адаптации и гармонизации в рамках учебных процессов. Такая дисгармония создаёт несоответствие между потенциалом, предлагаемым технологиями, и их реальной интеграцией в образовательный процесс. Рассматриваемый в текущей работе инструмент 3D-моделирования применяют не во всех отечественных школах. Технологии часто не используются в полном объеме из-за отсутствия соответствующей инфраструктуры или проблем в обучении. Рекомендуется при внедрении цифровых инструментов уделять больше внимания дидактическим возможностям активного обучения школьников.

Литература

1. Cattaruzza, E., Ligorio, M. B., & Iannaccone, A. (2019). Sociomateriality as a partner in the polyphony of students positioning. *Learning, Culture and Social Interaction*, 22, 100332. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.100332>
2. Chen, S. J., Chen, C. Q., & Shan, X. F. (2024). The effects of an immersive virtual-reality-based 3D modeling approach on the creativity and problem-solving tendency of elementary school students. *Sustainability*, 16(10), 4092. <https://doi.org/10.3390/su16104092>
3. Coşkun, T. K., & Deniz, G. F. (2022). The contribution of 3D computer modeling education to twenty-first century skills: Self-assessment of secondary school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), 1553-1581. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09660-y>
4. Dari, Y. S. W., Rachmadani, N. T., Wahdi, A. K., Cahyani, A., Gusman, R., & Asbari, M. (2022). Growing historical awareness among the young generation of the Indonesian nation. *Journal of Information Systems and Management*, 1(5), 46. <https://jisma.org/index.php/jisma/article/view/228>
5. Dröse, J., Ahlemeyer, L. & Prediger, S. (2025). How curriculum materials can contribute to implementing instructional innovations: The case of enactment of strategy instruction. *ZDM Mathematics Education*, 4. <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01662-7>
6. Duisekeyeva, B., Koneva, S., & Sarsembayeva, T. (2024). A personalized learning to promote students' learning on programming. *Bulletin of KazNU. Journal of Educational Sciences*, 81(4), 65-73. <https://doi.org/10.26577/JES2024v81.i4.6>
7. Hoth, J., Heinze, A., Huang, H. M. E., Weiher, D. F., Niedermeyer, I., & Ruwisch, S. (2023). Elementary school students' length estimation skills – Analyzing a multidimensional construct in a cross-country study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(6), 1841-1864. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10323-0>
8. Huang, H. M. E. (2020). Effects of grade level and object size on students' measurement estimation performance. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(12), em1923. <https://doi.org/10.29333/ejmste/9342>
9. Karppinen, S., Kallunki, V., & Komulainen, K. (2019). Interdisciplinary craft designing and invention pedagogy in teacher education: Student teachers creating smart textiles. *International Journal of Technology and Design Education*, 29, 59. <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9436-x>
10. Loretan, C., Müller, A., Delaval, M., Roch, S., & Weiss, L. (2024). Understanding of size and scale and order-of-magnitude reasoning in secondary science: A teaching experiment with worked examples as educational scaffold. *ArXiv*, Preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.16480>
11. Maraza-Quispe, B., Rosas-Iman, V. H., Ovalle-Quispe, M., Sajama-Castro, S. L., Mamani-Flores, G. V., Romero-Vera, C. N., & Solórzano-Bernuy, R. M. (2024). Impact of educational video games on the development of meaningful learning in the field of mathematics: A quasi-experimental approach. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 19, 407-417. <https://doi.org/10.1109/RITA.2024.3458852>
12. Peters, N., Prediger, S., & Weiss, J. (2025). Fostering students' measurement estimation skills in a digital teaching-learning environment: A class-wise randomized controlled trial in grade 5. *Education Sciences*, 15(2), 238. <https://doi.org/10.3390/educsci15020238>
13. Phuc, N. D. M., & Tam, H. T. T. (2024). Enhancing measurement and calculation education in high school through 3D printing technology. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 31(3), 143-152. https://doi.org/10.1564/tme_v31.3.05

14. Post, M., Wischgoll, A., Stark, J., Götze, D., & Prediger, S. (2025). Digitale Lernumgebungen in Kombination von Input und Aktivitäten: Bausteine zum sprachbildenden Mathematikunterricht für verschiedene Didaktik-veranstaltungen. *Digitale Lehrkräftebildung Mathematik*, 191. https://doi.org/10.1007/978-3-662-69804-4_9
15. Prediger, S., Kuhl, J., Schulze, S., Wittich, C., Pulz, I., Ademmer, C., & Büscher, C. (2025). How to enable teachers to enhance all students' understanding of percentages? A quasi-experimental field trial. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(2), em0816. <https://doi.org/10.29333/iejme/15899>
16. Shure, V., Lehmann, M., Friesen, M., Roesken-Winter, B., & Prediger, S. (2025). Professional development research on promoting productive practices for teachers' handling of typical tasks of mathematics teaching: A systematic review. *ZDM Mathematics Education*, 18. <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01659-2>
17. Sudirman, S., Kusumah, Y. S., & Martadiputra, B. A. P. (2022). The impact of 3D geometry assisted 6E instructional model to improve 3D geometry thinking skills of junior high school students. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(1), 45-56. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v23i1>
18. Todino, M. D. (2025). Educational technologies. *Encyclopedia*, 5(1), 23. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010023>
19. Weiher, D. F. (2019). Framework for the parallelized development of estimation tasks for length, area, capacity, and volume in primary school – A pilot study. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), 9-28. <https://doi.org/10.31756/jrsmt.212>
20. Әбілқасымова, А. Е., Ахмед-Заки, Д. Ж., & Жұмабай, Н. (2024). Қазақстанның цифрлық білім беру ортасында SMART технологиялардың дамуы. *ҚазҰУ хабаршысы. Педагогикалық серия*, 80(3), 5. <https://doi.org/10.26577/JES2024v80.i3.01>
21. Бахмат, В. И., Ефременко, О. В., & Обухова, Г. А. (2019). Визуализация решения вероятностных задач с использованием схем и таблиц в обучении. *Вестник КазНУ. Серия педагогическая*, 60(3), 89. <https://doi.org/10.26577/JES.2019.v60.i3.08>
22. Каратаева, Т. О., Аспанова, Г. Р., & Баженова, Э. Д. (2024). Роль учителя как ментора в смешанном обучении младших школьников с интеграцией ChatGPT. *Вестник КазНУ. Серия педагогическая*, 81(4), 99. <https://doi.org/10.26577/JES2024v81.i4.9>
23. Мынбаева, А. К. (2019). Обзор новейших теорий образования: педагогика 2.0, образование 3.0 и хьютагогика (эвтагогика). *Вестник КазНУ. Серия педагогическая*, 61(4), 6. <https://doi.org/10.26577/JES.2019.v61.i4.01>
24. Мынбаева, А. К., Молдасан, К. Ш., Карабутова, А. А., & Абилов, М. Р. (2021). Ризоматическое и клиповое мышление школьников: саморегуляция и синергетический подход. *Вестник КазНУ. Серия психологии и социологии*, 79(4), 24. <https://doi.org/10.26577/JPsS.2021.v79.i4.03>

References

- Abylkassymova, A. E., Ahmed-Zaki, D. Zh., & Zhumabay, N. (2024). Qazaqstannyñ sifrlıq bılım беру ortasynda SMART tehnologıalardyñ damuy [Development of SMART technology in the digital education environment of Kazakhstan]. *Bulletin of KazNU. Journal of Educational Sciences*, vol. 80, no 3, pp. 4-22. <https://doi.org/10.26577/JES2024v80.i3.01> (In Kazakh).
- Bakhmat, V. I., Yefremenko, O. V., & Obukhova, G. A. (2019). Vizualizaciya resheniya veroyatnostnyh zadach s ispol'zovaniem shem i tablits v obuchenii [Visualization of Solution of Probability Tasks Using Schemes and Tables in Training]. *Bulletin of KazNU. Journal of Educational Sciences*, vol. 60, no 3, pp. 82-90. <https://doi.org/10.26577/JES.2019.v60.i3.08> (In Russian).
- Cattaruzza, E., Ligorio, M. B., & Iannaccone, A. (2019). Sociomateriality as a partner in the polyphony of students positioning. *Learning, Culture and Social Interaction*, 22, Article 100332. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.100332>
- Chen, S. J., Chen, C. Q., & Shan, X. F. (2024). The effects of an immersive virtual-reality-based 3D modeling approach on the creativity and problem-solving tendency of elementary school students. *Sustainability*, 16(10), Article 4092. <https://doi.org/10.3390/su16104092>
- Coşkun, T. K., & Deniz, G. F. (2022). The contribution of 3D computer modeling education to twenty-first century skills: Self-assessment of secondary school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), P. 1553-1581. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09660-y>
- Dari, Y. S. W., Rachmadani, N. T., Wahdi, A. K., Cahyani, A., Gusman, R., & Asbari, M. (2022). Growing historical awareness among the young generation of the Indonesian nation. *Journal of Information Systems and Management*, 1(5), P. 46. <https://jisma.org/index.php/jisma/article/view/228>
- Dröse, J., Ahlemeyer, L. & Prediger, S. (2025). How curriculum materials can contribute to implementing instructional innovations: The case of enactment of strategy instruction. *ZDM Mathematics Education*, P. 4. <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01662-7>
- Duisekeyeva, B., Koneva, S., & Sarsembayeva, T. (2024). A personalized learning to promote students' learning on programming. *Bulletin of KazNU. Journal of Educational Sciences*, 81(4), P. 65-73. <https://doi.org/10.26577/JES2024v81.i4.6>
- Hoth, J., Heinze, A., Huang, H. M. E., Weiher, D. F., Niedermeyer, I., & Ruwisch, S. (2023). Elementary school students' length estimation skills – Analyzing a multidimensional construct in a cross-country study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(6), P. 1841-1864. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10323-0>
- Huang, H. M. E. (2020). Effects of grade level and object size on students' measurement estimation performance. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(12), Article em1923. <https://doi.org/10.29333/ejmste/9342>

Karataeva, T. O., Aspanova, G. R., & Bazhenova, E. D. (2024). Rol' uchitelja kak mentora v smeshannom obuchenii mladshih shkol'nikov s integraciej ChatGPT [Teacher's mentor role in primary students' ChatGPT-integrated blended learning]. *Bulletin of KazNU. Journal of Educational Sciences*, vol. 81, no 4, pp. 97-108. <https://doi.org/10.26577/JES2024v81.i4.9> (In Russian).

Karppinen, S., Kallunki, V., & Komulainen, K. (2019). Interdisciplinary craft designing and invention pedagogy in teacher education: Student teachers creating smart textiles. *International Journal of Technology and Design Education*, 29, P. 59. <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9436-x>

Loretan, C., Müller, A., Delaval, M., Roch, S., & Weiss, L. (2024). Understanding of size and scale and order-of-magnitude reasoning in secondary science: A teaching experiment with worked examples as educational scaffold. *ArXiv*, Preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.16480>

Maraza-Quispe, B., Rosas-Iman, V. H., Ovalle-Quispe, M., Sajama-Castro, S. L., Mamani-Flores, G. V., Romero-Vera, C. N., & Solórzano-Bernuy, R. M. (2024). Impact of educational video games on the development of meaningful learning in the field of mathematics: A quasi-experimental approach. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 19, P. 407-417. <https://doi.org/10.1109/RITA.2024.3458852>

Mynbayeva, A. (2019). Obzor novejsih teorij obrazovaniya: pedagogika 2.0, obrazovanie 3.0 i h'jutagogika (jevtagogika) [Review of the Latest Theories of Education: Pedagogy 2.0, Education 3.0 and Heutagogy]. *Bulletin of KazNU. Journal of Educational Sciences*, vol. 61, no 4, pp. 4-16. <https://doi.org/10.26577/JES.2019.v61.i4.01> (In Russian).

Mynbayeva, A., Moldassan, K., Karabutova, A., & Abirov, M. (2021). Rizomaticheskoe i klipovoe myshlenie shkol'nikov: samoreguljacija i sinergeticheskij podhod [Rhizomatic and clip thinking of school children: self-regulation and synergy approach]. *Bulletin of KazNU. Journal of Psychology & Sociology*, vol. 79, no 4, pp. 23-33. <https://doi.org/10.26577/JPsS.2021.v79.i4.03> (In Russian).

Peters, N., Prediger, S., & Weiss, J. (2025). Fostering students' measurement estimation skills in a digital teaching-learning environment: A class-wise randomized controlled trial in grade 5. *Education Sciences*, 15(2), P. 238. <https://doi.org/10.3390/educsci15020238>

Phuc, N. D. M., & Tam, H. T. T. (2024). Enhancing measurement and calculation education in high school through 3D printing technology. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 31(3), P. 143-152. https://doi.org/10.1564/tme_v31.3.05

Post, M., Wischgoll, A., Stark, J., Götze, D., & Prediger, S. (2025). Digitale Lernumgebungen in Kombination von Input und Aktivitäten: Bausteine zum sprachbildenden Mathematikunterricht für verschiedene Didaktik-veranstaltungen. *Digitale Lehrkräftebildung Mathematik*, P. 191. https://doi.org/10.1007/978-3-662-69804-4_9

Prediger, S., Kuhl, J., Schulze, S., Wittich, C., Pulz, I., Ademmer, C., & Büscher, C. (2025). How to enable teachers to enhance all students' understanding of percentages? A quasi-experimental field trial. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(2), Article em0816. <https://doi.org/10.29333/iejme/15899>

Shure, V., Lehmann, M., Friesen, M., Roesken-Winter, B., & Prediger, S. (2025). Professional development research on promoting productive practices for teachers' handling of typical tasks of mathematics teaching: A systematic review. *ZDM Mathematics Education*, P. 18. <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01659-2>

Sudirman, S., Kusumah, Y. S., & Martadiputra, B. A. P. (2022). The impact of 3D geometry assisted 6E instructional model to improve 3D geometry thinking skills of junior high school students. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(1), P. 45-56. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v23i1>

Todino, M. D. (2025). Educational technologies. *Encyclopedia*, 5(1), P. 23. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010023>

Weiher, D. F. (2019). Framework for the parallelized development of estimation tasks for length, area, capacity, and volume in primary school – A pilot study. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), P. 9-28. <https://doi.org/10.31756/jrsmte.212>

Авторлар туралы мәлімет:

Каратаева Татьяна Олеговна – PhD, «Педагогика және психология» білім беру бағдарламасының қауымдастырылған профессорының м. а., Ы. Алтынсарин атындағы Арқалық педагогикалық институты (Арқалық, Қазақстан, e-mail: b_tatiana@mail.ru)

Усенова Аида Кажмухановна – педагогика ғылымдарының кандидаты, «Музыкалық білім» білім беру бағдарламасының, шығармашылық білім беру кафедрасының қауымдастырылған профессоры (доценті), І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті (Талдықорған, Қазақстан, e-mail: a.usenova@bk.ru)

Баженова Эльмира Даулетхановна (корреспондент-автор) – PhD, «Дене шынықтыру және өнер жалпы даму» білім беру бағдарламасының Жоғары мектебінің қауымдастырылған профессоры (доценті), І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті (Талдықорған, Қазақстан, e-mail: e.bazhenova@api.edu.kz)

Сведения об авторах:

Каратаева Татьяна Олеговна – PhD, и. о. ассоциированного профессора образовательной программы «Педагогика и психология», Аркалыкский педагогический институт им. И. Алтынсарина (Аркалык, Казахстан, e-mail: b_tatiana@mail.ru);

Усенова Аида Кажмухановна – кандидат педагогических наук, ассоциированный профессор образовательной программы «Музыкальное образование» кафедры творческого образования, Жетысуский университет им. И. Жансугурова (Талдықорған, Казахстан, e-mail: a.usenova@bk.ru);

Баженова Эльмира Даулетхановна (корреспондентный автор) – PhD, ассоциированный профессор (доцент) образовательной программы общего развития Высшей школы физической культуры и искусства, Жетысуский университет им. И. Жансугурова (Талдыкорган, Казахстан, e-mail: e.bazhenova@api.edu.kz).

Information about authors:

Karataeva Tatyana Olegovna – PhD, Acting Associate Professor of the educational program “Pedagogy and Psychology”, Arkalyk Pedagogical Institute named after I. Altynsarin (Arkalyk, Kazakhstan, e-mail: b_tatiana@mail.ru)

Ussenova Aida Kazhmukhanovna – Candidate of Sciences, Associate Professor of the “Music education” educational program of the Department of Creative Education, Zhetysu University named after I. Zhansugurov (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: a.usenova@bk.ru)

Bazhenova Elmira Dauletchanovna (corresponding author) – PhD, Associate Professor of the of the “General Development of Higher School of Physical Culture and Art” educational program, Zhetysu University named after I. Zhansugurov (Taldykorgan, Kazakhstan, e-mail: e.bazhenova@api.edu.kz)

Поступила: 26.02.2025

Принята к печати: 20.06.2025