

МРНТИ 20.01.45
УДК 378.147:004.7

<https://doi.org/10.51889/9461.2022.42.27.032>

Е.Ы. Бидайбеков¹, А.В. Гриншкун², Н.Т. Ошанова^{1*}

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Мәскеу қалалық педагогикалық университеті, Мәскеу қ., Ресей

*e-mail: nurzhatal_o_t@mail.ru

ИММЕРСИВТІ БІЛІМ БЕРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ТОЛЫҚТЫРЫЛҒАН ВИРТУАЛДЫЛЫҚТЫҢ ОРНЫ

Аңдатпа

Мақала оқу құралдарының көрнекілігі мен интербелсенділігі арқылы білім беру үдерісінің тиімділігін арттырудың қолданыстағы әдістерін талдауға арналған. Авторлар құралдардың екі негізгі түрін – шынайы және виртуалды нысандар деп бөледі. Шынайылар нысанның физикалық қасиеттерін барынша толық зерттеуге, сонымен қатар, жұмыс дағдыларын дамытуға, ал виртуалдылары жаппай білім беруде қол жетімді емес нәрселерді көрсетуге мүмкіндік береді. Иммерсивті технологиялар екі тәсілдің де артықшылықтарын көп жағынан біріктіруге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда толықтырылған виртуалдылық технология физикалық кері байланысты сақтай отырып, білім алушының қолжетімсіз ортаға енуіне, сонымен қатар жұмыс дағдыларын дамытуына мүмкіндік береді. Оның үстіне технология толықтырылған және виртуалдық шынайылыққа қарағанда жаппай білім беруде іс жүзінде қолданылмайды. Мұндай технологияны сәтті қолдану үшін әдістемелік қамтамасыз етуді әзірлеу қажет.

Түйін сөздер: білім беруді акпараттандыру, толықтырылған шынайылық, виртуалдық шынайылық, толықтырылған виртуалдылық, аралас шынайылық.

Аннотация

Е.Ы. Бидайбеков¹, А.В. Гриншкун², Н.Т. Ошанова¹

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

²Московский городской педагогический университет, г. Москва, Россия

МЕСТО ДОПОЛНЕННОЙ ВИРТУАЛЬНОСТИ В СИСТЕМЕ ИММЕРСИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Статья посвящена анализу существующих способов повышения эффективности образовательного процесса за счет наглядности и интерактивности средств обучения. Авторами было выделено два основных вида средств – реальные и виртуальные объекты. Реальные позволяют наиболее полно изучить физические свойства объекта, а также выработать рабочие навыки, а виртуальные продемонстрировать то, что недоступно в массовом образовании. Иммерсивные технологии позволяют во многом объединить преимущества обоих подходов. При этом технология дополненной виртуальности позволяет погрузить обучающегося в недоступное окружение с сохранением физической обратной связи, а также возможностью выработки рабочих навыков. При этом технология практически не применяется в массовом образовании, в отличие от дополненной и виртуальной реальности. Для успешного применения такой технологии необходима проработка методического обеспечения.

Ключевые слова: информатизация образования, дополненная реальность, виртуальная реальность, дополненная виртуальность, смешанная реальность.

Abstract

THE PLACE OF AUGMENTED VIRTUALITY IN THE SYSTEM OF IMMERSIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

Bidaibekov E.¹, Grinshkun A.², Oshanova N.¹

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

²Moscow City Pedagogical University, Moscow, Russia

The article is devoted to the analysis of existing ways to improve the effectiveness of the educational process due to the visibility and interactivity of learning tools. The authors identified two main types of funds – real and virtual objects. Real ones allow you to study the physical properties of an object most fully, as well as develop working skills, and virtual ones demonstrate what is not available in mass education. Immersive technologies allow us to combine the advantages of both approaches in many ways. At the same time, augmented virtuality technology allows you to immerse the student in an inaccessible environment while maintaining physical feedback, as well as the ability to develop working skills. At the

same time, the technology is practically not used in mass education, unlike augmented and virtual reality. For the successful application of such technology, it is necessary to study the methodological support.

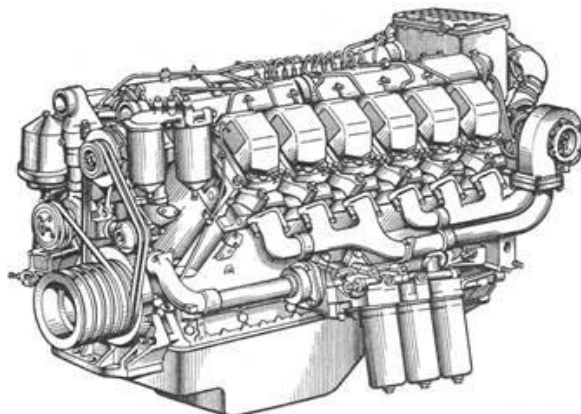
Keywords: informatization of education, augmented reality, virtual reality, augmented virtuality, mixed reality.

Кіріспе

Оқу үдерісінің жоғары тиімділігінің маңызды шарты оқу материалдарының көрнекілігі мен интерактивтілігі болып табылады. Оқу материалдарының көрнекілігі білім алушылардың әртүрлі нысандарды, үдерістер мен құбылыстарды меңгеруін, негізінен зерттелетін элементтің визуалды көрінісі есебінен, жеңілдету үшін қажет. Сонымен қатар, бұл білім алушылардың мотивациясын арттырып, тақырыпты меңгеру уақытын едәуір қысқартады.

Оқу материалдарының көрнекілігін арттырудың ең көп таралған әдістерінің бірі - бір нәрсенің бейнелерін пайдалану. Бейнелер ретінде суреттерді, фотосуреттерді, сұлбелерді, графиктерді, карталарды және т.б. алуға болады. Оларды әзірлеп, көбейту қиын емес. Оларды тек электрондық түрде ғана емес, сонымен қатар қағаз тасымалдағыштардың көмегімен де шығарып алуға болады.

Алайда, пәнмен тіпті визуалды танысу үшін де бейнелер көбінесе жеткіліксіз, өйткені ол тек автор таңдаған тұрғыдан ғана, нысан не құбылыстың нақты мысалы және т.б. (мүмкін, әрдайым көрнекі болмайтын) ретінде қол жетімді болады. Статикалық суреттің көмегімен күрделі үдерістер мен құбылыстардың мәнін жеткізу өте қиын. (ол әрдайым көрнекі бола бермейді). Сонымен қатар, білім алушы қандай да бір түзетулер енгізіңіз немесе белгілі бір жағдайларда арнайы алгоритм бойынша бүктеңіз немесе кесіңіз деген бойынша бейнемен (кескінмен) көп нәрсе жасай алмас. Оқу материалдарының көрнекілігін арттырудың бұл әдісі қазіргі білім беру жүйесінде қажет, бірақ жеткіліксіз (1-суретті қараңыз).



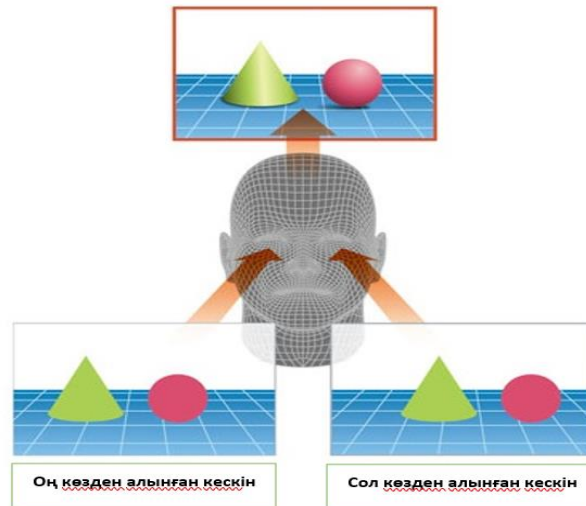
Сурет 1. Статикалық кескін барлық жағынан күрделі құрылғының құрылымын ғана емес, оның жұмыс принципін де толық зерттеуге мүмкіндік бермейді

Сонымен қатар, кескіндер ақпараттың басқа түрлерін – дыбысты (құстардың әні, қозғалтқыштың шуы, т.б.), тактильді (текстура, жылу өткізгіштік және т.б.), әртүрлі иістерді (затты иісі бойынша анықтау) және т.б. беруге мүмкіндік бермейді. Соңғы онжылдықтарда кеңінен тараған материалдардың көрнекілігін арттырудың тағы бір жолы - бейнероликтерді пайдалану. Бейнежазбаның көмегімен динамикадағы кез келген құбылысты немесе үдерісті көрсетуге, сондай-ақ бір нысанды бірнеше қырынан көрсетуге қазірдің өзінде мүмкіндік бар. Сонымен қатар, ақпаратты таратудың жаңа дыбыстық арнасы пайда болды. Дегенмен, бейнероликтерді ойнату қазір арнайы жабдықты қажет етеді және оны әзірлеу үдерісі әдетте статикалық кескіндерге қарағанда әлдеқайда күрделі. Сонымен қатар, оқушы мұндай материалдармен іс жүзінде әрекеттесе алмайды. Оқушы тек ағымдағы ойнату уақытын тек жеке жұмыс барысында басқара алады.

Қазіргі уақытта материалдардың көрнекілігін арттырудың негізгі жолы - әртүрлі физикалық модельдерді, сонымен қатар нақты нысандармен әрекеттесу негізіндегі зертханалық жұмыстарды пайдалану. Оқу нысандарының бұл түрі көрнекіліктің жоғары дәрежесі (сезім мүшелерінің көпшілігіне әсер ету), сонымен қатар интербелсенділік (кез келген жұмысты өз бетінше орындау) есебінен оқытудың ең үлкен тиімділігіне қол жеткізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, осы әдіске негізделген

оқу іс-әрекетінің дәлдігі мен шынайылығына қазіргі жағдайда қол жеткізу мүмкін емес және басқалардың ішіндегі ең үлкені.

Физикалық нысандардың арқасында студенттер бинокулярлық көру, жарықтандыру ерекшеліктері, сондай-ақ тактильді өзара әрекеттесу арқылы нысандардың нақты өлшемдерін дәлірек сезіне алады. Жылу өткізгіштік пен текстураның сезімі зерттелетін нысанның материалын дәлірек білуге және анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, нақты зертханалық және практикалық жұмыстардың көмегімен болашақта адамның өмірі мен жұмысында қолдануға болатын жұмыс дағдыларын дамытуға болады (2-суретті қараңыз).



Сурет 2. Бинокулярлық көруді қолдану нысандардың өлшемдерін, арақашықтықтарын дәлірек анықтауға мүмкіндік береді және нысандарды зерттеудің толықтығына айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

Алайда, нақты нысандарды пайдаланудың маңызды кемшілігі - бұқаралық білім беру жүйесінің шынайылықтар шеңберінде мұндай материалдардың қол жетімділігіндегі шектеулер. Сонымен, мектепте радиоактивті материалдармен олардың қауіптілігі мен жоғары бағасына байланысты зертханалық жұмыс жүргізу мүмкін емес, медициналық білім беру мекемелерінде студенттер адамгершілікке байланысты тірі адамдарға өз бетінше операция жасай алмайды және т. б. Ішінара, мұндай шектеулер белгілі бір қасиеттер тақырыбын зерттеу тұрғысынан мағыналы болатын арнайы жасалған модельдердің көмегімен шешіледі, бірақ мұндай тәсіл барлық жағдайларға сәйкес келмейді. Кейде мұндай модель жасау өте қымбат немесе мүмкін емес. Сонымен қатар, кейде тіпті қол жетімді нақты нысандар де көрнекі емес немесе зерттеу қиын болуы мүмкін [1].

Компьютерлік виртуалды модельдер, керісінше, нысанды, үдерісті немесе құбылысты мұндай шектеулерсіз көрсетуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мұндай модельдер білім алушы мен оқу материалының өзара әрекеттесуінің жоғары дәрежесін жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Заманауи ақпараттық технологиялар әртүрлі нысандарды, үдерістер мен құбылыстарды жоғары дәрежеде айқындық пен сенімділікпен модельдеуге мүмкіндік береді, бұл бұрын қол жетімсіз зертханалық жұмыстар мен демонстрациялар жүргізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мұндай оқыту үдерісін жүзеге асыру үшін көптеген жағдайларда қазіргі уақытта жалпыға қол жетімді компьютерлік жабдықтар мен бағдарламалық қамтамасыз ету жеткілікті. Алайда, компьютерлік виртуалды модельдер нысандардың, үдерістердің және құбылыстардың барлық қасиеттерін дұрыс жеткізе алмайды, бұл ұқсас нақты модельдерді қолданумен салыстырғанда мұндай оқытудың тиімділігін төмендетеді. Ақпаратты енгізу мен шығарудың стандартты құрылғылары нысанның өлшемдерін беруге және қажетті дағдыларды дамытуға мүмкіндік бермейді. Виртуалды интерактивті жұмыс тек статикалық кескінді немесе бейнені көрсетуден гөрі жақсы.

Оқу материалдарын пайдалану кезінде виртуалды модельдеуге ғана емес, иллюстрациялар мен бейнелерге де қатысты «иеліктен шығару» әсерінде проблема бар. Білім алушылар мұндай материалдарды «тікелей эфирде» көрген нақты демонстрациялар сияқты сапалы қабылдамайды, бұл белгілі бір демонстрация мен нақты нысан арасындағы ассоциативті байланысты бұзуы мүмкін [2].

Осылайша, кемшіліктерді жою кезінде қандай технологиялар екі тәсілдің артықшылықтарын алуға көмектесетінін түсіну маңызды. Осындай технологиялардың бірі иммерсивті технологиялар кеңістігіне қатысты толықтырылған виртуалдылық технологиясы болуы мүмкін.

Зерттеу әдістемесі

Авторлар білім беруде қарқынды технологияларды қолдануға, сондай-ақ осындай құралдардың кемшіліктерін анықтауға арналған әртүрлі зерттеулерге бастапқы талдау жүргізді. Бұл білім беруде толықтырылған виртуалдылық технологиясын қолдану әдістемесін әзірлеу саласындағы одан әрі зерттеудің перспективалық бағытын анықтауға мүмкіндік берді.

Зерттеу нәтижелері

Толықтырылған виртуалдылық технологиясы қол жетімді нысандармен немесе алмастырғыш модельдермен физикалық өзара әрекеттесу мүмкіндігін сақтай отырып, білім алушыны қол жетімсіз ортаға тасымалдауға мүмкіндік береді. Виртуалдық шынайылықтан айырмашылығы, бұл жағдайда нысандардың физикалық қасиеттерін беруге, ұсақ моториканы қолдануға, сондай-ақ жұмыс дағдыларын дамытуға болады. Алайда технологияны білім беру үдерісіне тиімді енгізу үшін мәселені одан әрі әдістемелік пысықтау қажет.

Бірте-бірте белгілі бір тәсілдердің жағымсыз факторларын, соның ішінде виртуалды және шынайы нысандар мен олардың артықшылықтарын пайдалану үшін кеңістіктерді біріктіру арқылы азайтуға мүмкіндік беретін технологиялар пайда болады.

Мұндай технологиялардың ішінде виртуалды нысандарды шынайы кеңістікке және керісінше контекстке тәуелді «енгізу» арқылы нақты және виртуалды нысандар мен әлемдерді шынайы «араластыруға» мүмкіндік беретін иммерсивті технологиялар класын атап өткен жөн [3].

Сонымен, иммерсивті технологиялар оларды оқу үдерісінде қолданған кезде виртуалды модельдердің «иеліктен шығару» әсерін шынайы қоршаған ортамен салыстырғанда әр түрлі шынайы нысандарға контекстік тәуелділік, кеңістіктегі орналасу, сондай-ақ білім алушының іс-әрекетіне неғұрлым жергілікті интеграция арқылы азайтуға мүмкіндік береді (3-суретті қараңыз).



Сурет 3. Иммерсивті технологиялар виртуалды және шынайы кеңістік арасындағы шекараларды жойып, оқу тиімділігін арттырады

Сонымен қатар, иммерсивті технологиялардың көпшілігі виртуалды нысандармен табиғи және шынайы түрде өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді, бұл әсіресе үш өлшемді шынайы немесе виртуалды кеңістікте жұмыс істегенде маңызды [4]. Сонымен қатар, жалпақ экран мен стандартты манипуляторлардың көмегімен көлемді кеңістікпен жұмыс істеу үшін күрделі дайындық қажет емес, сонымен қатар әртүрлі практикалық-бағытталған дағдыларды дамытуға, үйлестіруді дамытуға және бұрын қол жетімді емес өзара әрекеттесу түрлерін жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, әртүрлі нақты пайдаланушы интерфейстерін, соның ішінде механикалық интерфейстерді шынайы ұқсатуға болады. «Иммерсивті технологиялар» сияқты терминді толық қолдану үшін оны анықтап, оған кіретін компоненттердің жіктелуін анықтау қажет. Иммерсивті технологиялар (ағылш. Immersive-батыру) - шынайы және виртуалды нысандар мен кеңістіктердің өзара әрекеттесу мүмкіндігімен және нақты уақыт режимінде жұмыс істейтін адам үшін шынайы үйлесімділікке бағытталған технологиялар. Иммерсиялық технологияның негізгі классификациясы - Милграм континуумы [5] (4-суретті қараңыз), ол тікелей қатысты табылады, онда сол жақтағы әр түрлі иммерсивті технологиялар оңға қарай виртуалды ұлғайту және нақты азайту дәрежесі бойынша көрсетіледі.

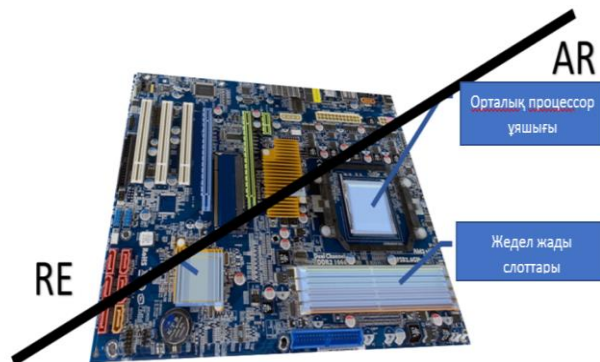


Сурет 4. Шынайылық-виртуалдылық Милграм континуумы

Бұл континуумда шекаралар дәл қай жерде өтетіндігі бойынша нақты бөліну жоқ. Континуумда келесі элементтер бар:

1. Шынайы орта (Real Environment ағылш.)- тек адамға тікелей берілетін қоршаған әлемнің нақты нысандарынан тұрады. Шынайы ортаға «терезе» кіреді, ол компьютердің дисплейі бола алады. Яғни, компьютерде бейнелерді көру - бұл шынайы орта.
2. Толықтырылған шынайылық (Augmented Reality ағылш.) - бұл шынайы ортаға байланыстыра отырып, шынайы кеңістікке виртуалды нысандарды шынайы түрде қосуға мүмкіндік беретін технология [6].
3. Толықтырылған виртуалдылық (Augmented Virtuality ағылш.) - бұл виртуалды кеңістікке өзара әрекеттесу мүмкіндігі бар нақты нысандарды қосуға мүмкіндік беретін технология [7].
4. Виртуалды шынайылық (Virtual Reality ағылш.) - адамды толық виртуалды кеңістікке жеткізу технологиясы [8].

Әр түрлі иммерсивті технологиялар түрлі қасиеттерге, артықшылықтар мен кемшіліктерге, сондай-ақ қолдану салаларына ие. Сонымен, толықтырылған шынайылық технологиясы қол жетімді ортада виртуалды нысандарды пайдаланушының шынайы ортасына қосу арқылы білім алушының қол жетімсіз нысандармен өзара әрекеттесуіне мүмкіндік береді. Сонымен қатар, кейбір жағдайларда арнайы физикалық алмастырғыш модельдерді қолданған кезде немесе қол жетімді, бірақ зерттеуге қиын нақты нысанға виртуалды ақпарат қабатын қосқан кезде тактильді кері байланыс сақталуы мүмкін (5-суретті қараңыз).



Сурет 5. Толықтырылған шынайылық (AR) технологиясы қол жетімді нақты нысандардың (RE) көрнекілігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл ретте тактильді кері байланыс және жұмыс дағдыларын дамыту мүмкіндігі сақталады.

Қорытынды

Виртуалды шынайылық технологиясын қол жетімсіз нысандармен өзара әрекеттесу мүмкіндігін сақтай отырып, білім алушыны қол жетімсіз ортаға орналастыру қажет болған кезде қолданған жөн [9,10]. Алайда, бұл жағдайда пайдаланушы виртуалды нысандармен өзара әрекеттесуден толық тактильді қайтарым алмайды, яғни мұндай оқыту толық болмайды және жұмыс дағдыларын дамытуға, әсіресе ұсақ моторикамен жұмыс істегенде мүмкіндік бермейді. Осылайша, ең танымал иммерсивті технологиялар (AR және VR) физикалық кері байланысты, ұсақ моториканы және толыққанды жұмыс дағдыларын дамыта отырып, нысандармен толыққанды өзара әрекеттесу мүмкіндігін сақтай отырып, білім алушыны қолжетімсіз кеңістікке толық көшіруге мүмкіндік бермейді [11].

Виртуалды түрде толықтырылған ең аз танымал және кең таралған технология қол жетімді нақты нысандарды немесе олардың физикалық алмастырғыш модельдерін виртуалды кеңістікке көшіру арқылы бұл мәселені шешуге мүмкіндік береді [12]. Осылайша, білім алушы бір уақытта виртуалды кеңістікте бола алады және физикалық кері байланысы бар нақты нысандармен жұмыс істей алады. Осылайша, ұсақ моториканың жұмысы, сондай-ақ жұмыс дағдыларын дамыту мүмкін [13].

Алайда, іске асырудың күрделілігі мен таралуының аздығына байланысты бұл технология білім беруде қолдану тұрғысынан аз зерттелген. Осылайша, тиімді қолдану үшін мәселені тек техникалық қамтамасыз етумен ғана емес, сонымен бірге әдістемелік мәселемен де шешу қажет. Белгіленген мәселелерді шеше отырып, білім беруде иммерсивтік технологияларды қолданудың тиімділігін едәуір арттыруға, сондай-ақ оқу үдерісі тұрғысынан кемшіліктері аз виртуалды шынайылық технологиясынан толықтырылған виртуалдылыққа көшуді жүзеге асыра отырып, орынды қолдану саласын кеңейтуге болады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

1 Bidaibekov, E., Grinshkun, V. *System Should Respond to the Technological Development and Informatization of the Society Communications in Computer and Information Science* this link is disabled, 2021, 1204 CCIS, pp. 26–33

2 N. Sun, J. Botev (2021). *Intelligent autonomous agents and trust in virtual reality / Computers in Human Behavior Reports / Volume 4. ISSN 2451-9588. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2021.100146>.*

3 Lénaïc B. Cadet, H. Chainay (2021). *How preadolescents and adults remember and experience virtual reality: The role of avatar incarnation, emotion, and sense of presence / International Journal of Child-Computer Interaction. Volume 29. ISSN 2212-8689. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100299>.*

4 Elena V. Soboleva, Tatyana N. Suvorova, Aleksandr V. Grinshkun, Magomedkhan M. Nimatulaev, *Formation of Group Creative Thinking When Working with Virtual Walls / European Journal of Contemporary Education. 2021. 10(3): 726-739. URL: http://ejournal1.com/journals_n/1633688281.pdf SCOPUS Q2*

5 P. Milgram, A.F. Kishino, *Taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Transactions on Information and Systems, 2013, pp. 1321–1329*

6 Aleksandr V. Grinshkun, Marina S. Perevozchikova, Elena V. Razova, Irina Yu. Khlobystova *Using Methods and Means of the Augmented Reality Technology When Training Future Teachers of the Digital School / European Journal of Contemporary Education. 2021. 10(2): 358-374. DOI: 10.13187/ejced.2021.2.358 URL: http://ejournal1.com/journals_n/1625229425.pdf SCOPUS Q2*

7 Levickij M.L. *Immersivnye tekhnologii: sposoby dopolneniya virtual'nosti i vozmozhnosti ih ispol'zovaniya v obrazovanii / Levickij M.L., Grinshkun A.V. / Vestnik MGPU. Seriya: informatika i informatizaciya obrazovaniya. M.: MGPU, 2020. №3 (53). 21-25 ss. (VAK)*

8 Haley E. Yaremych, S. Persky (2019). *Tracing physical behavior in virtual reality: A narrative review of applications to social psychology / Journal of Experimental Social Psychology. Volume 85. ISSN 0022-1031. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2019.103845>.*

9 P. Hořejší, “Augmented reality system for virtual training of parts assembly,” *Procedia Engineering*, vol. 100, pp. 699–706, 2015.

10 N. Gavish, T. Gutiérrez, S. Webel, J. Rodríguez, M. Peveri, U. Bockholt, and F. Tecchia, “Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks,” *Interactive Learning Environments*, vol. 23, pp. 778–798, 2015.

11 W. Barfield, “Haptic augmented reality: Taxonomy, research status, and challenges,” in *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*, pp. 246–277, CRC Press, 2015.

12 D. Johansson, de Vin, L. J., *Towards convergence in a virtual environment: Omnidirectional movement, physical feedback, social interaction and vision. Mechatronic Systems Journal (November 2011)*

13 Hoffmann, M., Meisen, T., Jeschke, S. (2016). *Shifting Virtual Reality Education to the Next Level – Experiencing Remote Laboratories Through Mixed Reality. In: Jeschke, S., Isenhardt, I., Hees, F., Henning, K. (eds) Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering 2015/2016. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42620-4_23*

References:

1 Bidaibekov, E., Grinshkun, V. *System Should Respond to the Technological Development and Informatization of the Society Communications in Computer and Information Science* this link is disabled, 2021, 1204 CCIS, pp. 26–33

2 N. Sun, J. Botev (2021). *Intelligent autonomous agents and trust in virtual reality / Computers in Human Behavior Reports / Volume 4. ISSN 2451-9588. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2021.100146>.*

3 Lénaïc B. Cadet, H. Chainay (2021). *How preadolescents and adults remember and experience virtual reality: The role of avatar incarnation, emotion, and sense of presence* / *International Journal of Child-Computer Interaction*. Volume 29. ISSN 2212-8689. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100299>.

4 Elena V. Soboleva, Tatyana N. Suvorova, Aleksandr V. Grinshkun, Magomedkhan M. Nimatulaev, *Formation of Group Creative Thinking When Working with Virtual Walls* / *European Journal of Contemporary Education*. 2021. 10(3): 726-739. URL: http://ejournal1.com/journals_n/1633688281.pdf SCOPUS Q2

5 P. Milgram, A.F. Kishino, *Taxonomy of mixed reality visual displays*. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 2013, pp. 1321–1329

6 Aleksandr V. Grinshkun, Marina S. Perevozchikova, Elena V. Razova, Irina Yu. Khlobystova *Using Methods and Means of the Augmented Reality Technology When Training Future Teachers of the Digital School* / *European Journal of Contemporary Education*. 2021. 10(2): 358-374. DOI: 10.13187/ejced.2021.2.358 URL: http://ejournal1.com/journals_n/1625229425.pdf SCOPUS Q2

8 Levickij M.L. *Immersivnye tekhnologii: sposoby dopolneniya virtual'nosti i vozmozhnosti ih ispol'zovaniya v obrazovanii* / Levickij M.L., Grinshkun A.V. / *Vestnik MGPU. Seriya: informatika i informatizaciya obrazovaniya*. M.: MGPU, 2020. №3 (53). 21-25 ss. (VAK)

9 Haley E. Yaremych, S. Persky (2019). *Tracing physical behavior in virtual reality: A narrative review of applications to social psychology* / *Journal of Experimental Social Psychology*. Volume 85. ISSN 0022-1031. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2019.103845>.

10 P. Hořejší, “Augmented reality system for virtual training of parts assembly,” *Procedia Engineering*, vol. 100, pp. 699–706, 2015.

11 N. Gavish, T. Gutiérrez, S. Webel, J. Rodríguez, M. Peveri, U. Bockholt, and F. Tecchia, “Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks,” *Interactive Learning Environments*, vol. 23, pp. 778–798, 2015.

11 W. Barfleld, “Haptic augmented reality: Taxonomy, research status, and challenges,” in *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*, pp. 246–277, CRC Press, 2015.

12 D. Johansson, de Vin, L. J., *Towards convergence in a virtual environment: Omnidirectional movement, physical feedback, social interaction and vision*. *Mechatronic Systems Journal* (November 2011)

13 Hoffmann, M., Meisen, T., Jeschke, S. (2016). *Shifting Virtual Reality Education to the Next Level – Experiencing Remote Laboratories Through Mixed Reality*. In: Jeschke, S., Isenhardt, I., Hees, F., Henning, K. (eds) *Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering 2015/2016*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42620-4_23