



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ  
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И  
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

---

Пламен Димитров Петров

**МОДЕЛИ И МЕТОДИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА ВИРТУАЛНА И  
ДОБАВЕНА РЕАЛНОСТ В ОБРАЗОВАНИЕТО**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

за присъждане на образователна и научна степен „доктор“  
по докторска програма „Информатика“,  
професионално направление 4.6. “Информатика и компютърни науки“

Научен ръководител: доц. д-р Татяна Атанасова

София, 2022 г.

Дисертацията е обсъдена и допусната до защита на разширено заседание на секция „Моделиране и оптимизация“ на ИИКТ-БАН, състояло се на 17.10.2022 година.

Дисертационният труд съдържа 114 страници, 42 фигури, 18 таблици и 121 литературни източника.

Защитата на дисертацията ще се състои на ..... от ..... часа в зала ..... на блок 2 на ИИКТ-БАН на открито заседание на научно жури в състав:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Материалите за защитата са на разположение на интересуващите се в стая ..... на ИИКТ-БАН, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 2.

Автор: **Пламен Димитров Петров**

Заглавие: **МОДЕЛИ И МЕТОДИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА ВИРТУАЛНА И ДОБАВЕНА РЕАЛНОСТ В ОБРАЗОВАНИЕТО**

## Увод

Живеем във време, в което цифровите технологии непрекъснато трансформират сферата на образованието. Бързото им развитие ги прави все по-достъпни и води до широкото им и навлизане във всички етапи на образователния процес. Това води и до бърз напредък в образователните технологии, а институциите, образователните експерти и преподавателите търсят нови начини за интегриране на цифрови решения и подобряване на изживяването в класната стая. Добавената реалност (AR) и виртуалната реалност (VR) – две технологии, позволяващи смесване на реалния и дигиталния свят, а даже и размиващи границите между тях, позволяват създаването на още по-персонализирани и завладяващи визуални изживявания и предлагат забележителен потенциал за иновации.

Прочуванията, направени в настоящата работа, показват, че не са много и цялостните, базирани на стандарти среди, подходящи за прилагане и специално разработени за STEM обучението. От друга страна, съществуват множество готови и лесно достъпни AR/VR ресурси. От ключово значение за тяхната ползотворна употреба се оказва използваният образователен подход

Настоящият дисертационен труд анализира съществуващи **и предлага модели за използване на AR/VR в образованието, заедно с методи** за оценяване на ефекта от тяхното приложение в образователния процес и комбинирането на тези ИКТ технологии с други техники и сценарии на преподаване, както и с физическата среда в класната стая.

## Структура на дисертацията

Дисертационният труд е структуриран в **четири** глави.

В **първа глава** е направен аналитичен обзор на съвременни направления и технологии в е-обучение. Мотивирана е необходимостта от предлагането на нови модели за прилагането на виртуални обучителни ресурси за определени целеви групи, както и необходимостта от конкретни методи, инструменти, примери за сценарии и подходи, позволяващи ефективното им прилагане в обучителния процес.

Във **втора глава** са представени разработените модели за приложение на добавената и виртуална реалност в различни STEAM предмети с различни образователни цели и възможностите за комбинирането им с проектно-базирания подход и специално проектирана физическа среда.

В **трета глава** са описани методи за оценяване на ефекта от приложението на разработените модели с отчитане на специфика на преподаваните предмети, както и методи за комбиниране на AR/VR технологиите с различни техники и сценарии на преподаване.

В **четвърта глава** е направен преглед на софтуерните среди за създаване и хардуерните средства за използване на AR/VR образователни материали. Разгледана е обновената и адаптирана към цифровите технологии таксономия на Блум и нейното значение за създаване на базирани на стандарти AR/VR образователни ресурси. Направен в SWOT анализ на приложението на AR/VR технологии в образованието.

В **Заклучението** е представено резюме на получените резултати. Определени са насоки за бъдещи изследвания и развитие. Представен е списък с научни публикации по темата и забелязани цитирания.

Дисертационният труд съдържа 114 страници, 42 фигури, 18 таблици и 121 литературни източника.

## Глава 1. Анализ на съвременни модели и методи на преподаване

### 1.1 Съвременни направления и технологии в е-обучение

През последните десетилетия обучението претърпя големи промени – от стандартната обстановка в класната стая и обучение, ръководено от учители и инструктори, до съвременните възможности за обучение чрез игровизация, изкуствен интелект и виртуална реалност. Развитието на информационни и комуникационни технологиите доведе до поява на е-обучение, т. е образование, което се провежда, ръководи и осъществява с помощта на електронни медии.

Технологиите си остават ключов фактор, когато се говори за е-обучение. Без значение дали се преподава на деца, възрастни или се разработват курсове за корпоративно обучение, да се възползваш от възможностите, които предлагат новите технологии, е задължително.

Независимо от направленията и тенденциите в е-обучение, в основата му стоят двата типа системи - за управление на обучението (Learning Management System - LMS) и за управление на учебното съдържание (Learning Content Management System - LCMS).

Различните видове обучение изискват различни технологии и платформи за тяхната реализация.

#### 1.1.1 Микрообучение (Microlearning)

Това е един от предпочитаните начини на обучение, тъй като позволява съдържанието да бъде разделено на по-малки части и улеснява усвояването на информацията от обучаемия. Тъй като при микрообучението учебното съдържание се състои от по-малки модули, по-лесно е те да бъдат завършени, а материалът – усвоен в движение.

#### 1.1.2 Смесено обучение (blended learning )

Смесеното обучение съчетава силните страни както на традиционното, така и на електронното обучение, за да предложи най-доброто за потребителите. За да направи обучението по-ефективно, смесеното обучение предлага образователна програма, която комбинира присъствено обучение и онлайн уроци.

### 1.1.3 Игровизация (Gamification)

Една от най-бързо развиващите се области от електронно обучение, която използва игрови елементи в неигрови ситуации с цел подобряване на ангажираността на потребителите по време на обучение и последващата им оценка.

Смята се, че с методите, които използва, игровизацията може да компенсира недостатъците на други методи за електронно обучение, като ангажира вниманието и повишава концентрацията на учащите се за по-дълъг период от време.

### 1.1.4 Онлайн менторски програми

Програмите за онлайн наставничество придобиват все по-голяма популярност. Комбинирайки срещи на живо или видеовръзки на живо с електронно обучение, те са чудесен начин да се осигури персонализиран опит и знания от първа ръка в определена област.

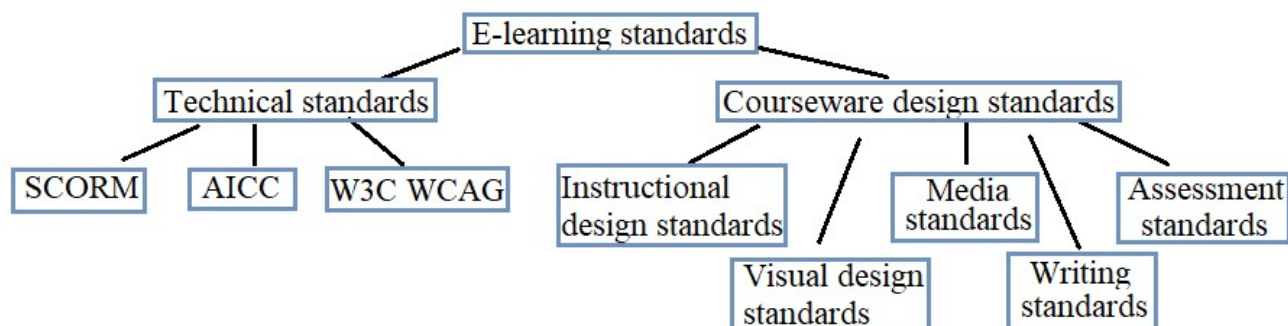
### 1.1.5 Мобилно обучение (Mobile learning)

Мобилното обучение е етап в развитието на електронното обучение. Двата вида обучение имат подобни характеристики. Едно от нещата, което отличава мобилното обучение от електронното, е използването на мобилни технологии – мобилни устройства и безжични комуникационни технологии.

### 1.1.6 Стандарти за електронно обучение

Насоките за проектиране и разработване на съдържание, разполагането му в платформи и осигуряването на оперативна съвместимост с различни устройства, могат да бъдат намерени в **Стандартите за електронно обучение** – набор от общи правила, които се прилагат за съдържанието, създаването на софтуер и системите за управление на обучението (LMS).

Има два основни типа стандарти за електронно обучение (фиг. 1.1). Стандартите за проектиране на курсове се отнасят до различните аспекти на проектирането и разработването на курсове, а техническите стандарти се отнасят до разполагането на курсове в LMS или други видове портали.



Фигура 1.1 Стандарти за електронно обучение

### 1.1.7 Персонализирано обучение

Концепцията за персонализирано обучение не е нова за образованието. Персонализираното обучение осигурява уникален, силно фокусиран път на обучение за всеки ученик. Индивидуалното внимание от страна на преподавателя не е възможно при традиционните образователни модели с голям брой ученици.

### 1.1.8 Адаптивно обучение (Adaptive Learning)

Един от многото възможни подходи за персонализирано, силно фокусирано обучение за голям брой учащи се, е Адаптивното обучение. То изисква използването на различни технологични системи и инструменти.

За реализацията на адаптивно обучение се използват знания и технологии от различни области - включително компютърни науки, изкуствен интелект, психометрия, образование, психология и др.

## 1.2 Виртуална, добавена и смесена реалност

Технологията за виртуална реалност се основава на компютърна графика, симулация, интерфейси човек-компютър и други. Използването на виртуална реалност (VR) в образованието може да се счита за естествената еволюция на компютърно-подпомогнато или компютърно базираното обучение. Усещането за потапяне, постигнато чрез виртуални 3D среди [Do, 2015], предлага множество предимства [Kersten, 2020].

Виртуалната реалност е изкуствена среда, която се преживява чрез сензорни стимули (като гледки и звуци), осигурени от компютър, и в която действията на човека частично определят какво се случва в околната среда според определение от Merriam-Webster Dictionary.

За разлика от виртуалната реалност, която създава напълно изкуствена среда, добавената реалност (AR) използва съществуващата среда и наслагва нова информация върху нея. Добавената реалност е интегрирането на цифрова информация със средата на потребителя в реално време. Популярността на AR нараства, защото пренася елементи от виртуалния свят в реалния свят, като по този начин подобрява нещата, които виждаме, чуваме и чувстваме.

От няколко съществуващи дефиниции на AR най-често се споменава тази, предоставена от Пол Милграм (Департамент по индустриално инженерство, Университет на Торонто) и Фумио Кишино (Департамент по електроника, информационни системи и енергийно инженерство, Университет в Осака). Теоретично се определят различни видове реалност, които създават континуум, който, започвайки от реалния свят, води до напълно виртуален свят [Arena et al, 2022]. В него се различават следните среди (фиг. 1.3):

- Реална среда (RE): това е средата, в която живеем, и която се управлява от законите на физиката;
- Добавена реалност (AR): физическа реалност, в която участниците виждат и виртуални елементи;
- Разширена виртуалност (AV): виртуална реалност, в която участниците виждат и реални елементи;
- Виртуална реалност (VR): представлява синтетичен свят, в който участникът е напълно потопен.

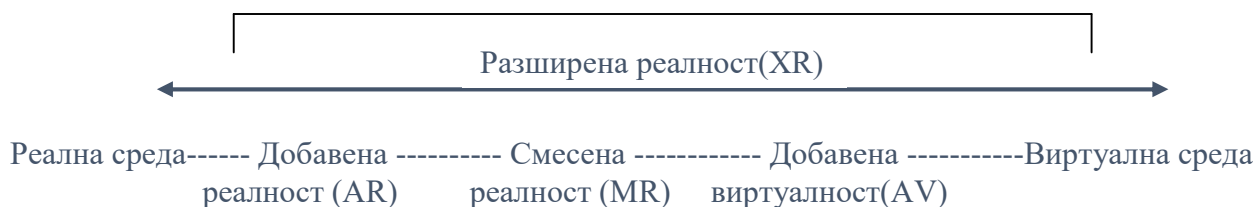
Милграм и Кишино [Milgram et al, 1994] въвеждат континуума *реалност-виртуалност*.

В употреба е и още един термин – Extended Reality (XR). Разширената реалност (XR) е термин, който съчетава преживяванията с добавена реалност, виртуална реалност и смесена реалност, което означава, че всички технологично подобрени реалности попадат под общия термин XR. Това е сравнително нова технология, която размива границата между реалния и дигиталния свят, за да създаде още по-персонализирани и завладяващи визуални изживявания.



Това става с използването на специални слушалки, очила, джойстици и сензори, с цел подобряване на възприятията на потребителя.

Въз основа на тази класификация е и класификацията на различните видове технологии.



Фигура 1.3 Континуум „реалност-виртуалност”  
(адаптирано от [Milgram et al, 1994], [Arena, 2022]).

AR може да се прилага чрез различни видове технологии според конкретните цели и приложения:

- Базирана на маркери AR (Marker Based AR)
- AR без маркер (Markerless AR)
  - базирана на местоположение (Location-based AR)
  - базирана на прожекция (Projection-based AR)
  - базирана на наслагване (Overlay AR)
  - контурна AR (Contour AR).

С течение на времето става ясно, че има много големи възможности за приложение на AR/VR технологии в различни области, занимаващи се със разнообразни проблеми в реалния свят [Rebbani, 2021].

### 1.2.1 AR/VR - Виртуална и добавена реалност в образованието

С развитието на практичните и достъпни виртуална реалност и смесена реалност хората вече имат шанса да изпитат увлекателно чувство при учене както в класните стаи [Sabero-Almenara, 2019], така и неформално в домовете, библиотеките и обществените центрове [Liu, 2017]. Много компании за образователни технологии използват виртуална реалност, за да внесат реалистични преживявания в класната стая, като същевременно подчертават способността на технологията да вдъхновява и грабва вниманието на учениците. Отбелязва се, че VR технологиите подтикват към взаимодействие и насърчават активното участие, а не пасивността [Chandrasekera, 2018].

### 1.2.2 Цели и възможности при използването на AR/VR в образованието

В областта на образованието по природни науки, технологии, инженерство и математика (STEM) напълно интерактивните виртуални лабораторни симулации са предназначени да ангажират и стимулират естественото любопитство на учениците, докато учат [Nersesian, 2019].

Общото заключение от няколко проучвания е, че приложенията с добавена реалност могат да подобрят учебния процес, мотивацията за учене и ефективността [Brij, 2021]. Въпреки положителните резултати са необходими повече изследвания, отбелязва се в [Tzima, 2019].

### 1.2.3 Предизвикателства и рискове от използването на AR и VR в образованието

Съществуват определени рискове при използването на AR и VR в образованието. Експертите все още се опитват да разберат въздействието на VR върху ученето на децата.

Недостатъците от използването на виртуална реалност са свързани предимно с разходите, необходимото време за обучение как да се използват хардуерът и софтуерът, възможните ефекти върху здравето и безопасността, и справянето с евентуално нежелание за използване и интегриране на нови технологии в курс или учебна програма.

### 1.2.4 Области на приложение на AR и VR в образованието

Едно от нещата, които могат да направят AR технологиите достъпни, е приложението им в различни области (фиг. 1.4).

Добавената реалност може да бъде много подходяща за симулации, особено в областта на STEM образованието [Diegmann, 2015]. С нарастването на изчислителната мощ на компютрите и намаляването на цената им, значително се увеличи използването на симулации. Училищните лаборатории и класните стаи започват масово да се оборудват с подходяща технологична инфраструктура. Специално в областта на STEM, достъп до качествено лабораторно оборудване трудно може да бъде осигурен масово [Rienow, 2020], а симулациите от своя страна позволяват на учениците да изпитат процеси явления по начин, по който обикновено не биха могли.

Популярността на AR нараства, защото пренася елементи от виртуалния свят в реалния свят, като по този начин подобрява нещата, които виждаме, чуваме и чувстваме.

## 1.2.5 Модели за използване AR/VR в образованието

Всеки тип информация, в това число и виртуална информация, наслоена върху реална среда, може да бъде цифровизирана подобно на текст, изображения, видео, аудио, уеб връзки и триизмерни (3D) модели. Тази функционалност е една от основните характеристики, позволяващи тази техника да се прилага към широк спектър от човешки дейности, като образованието е най-важното сред тях [Panciroli, 2017]. Добавената реалност може да се приеме като дидактически инструмент, който допринася за трансформиране на начините на обучение. Тя трябва да предостави на обучаемия уникално преживяване, което не е лесно да бъде възпроизведено или възможно в традиционна класна стая [Geroimenko, 2020]. Следователно, основната цел на AR е да добави повече информация, която е по-значима, към реалните обекти, като по този начин подобрява разбирането на учениците за света, който наблюдават [Del Cerro Velázquez 2018].



Фигура 1.5 Моделът за използване на добавена и виртуална реалност при смесеното обучение в средното общо образование (Kovalenko, 2021).

Таксономията на видовете VR платформи, използвани в обучението, е тясно свързана с нивото на потапяне и с хардуерните изисквания [Kamińska, 2019]. Те са [Jumani, 2022]:

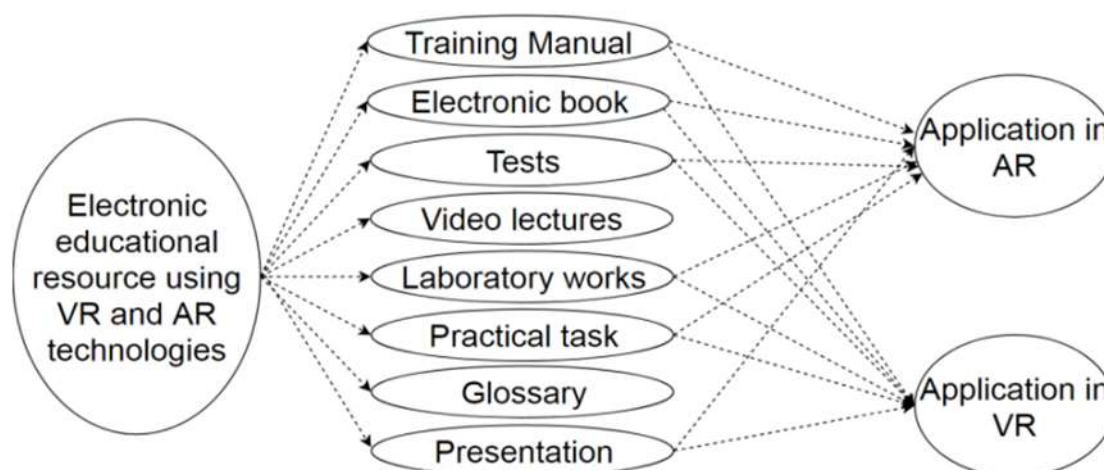
- VR системи без потапяне
- Полу-потапящи VR системи и платформи
- Напълно потапящи VR структури.

3D технологията на разширената реалност може да се използва като медия за обучение с мобилни телефони или настолни компютри. Моделите с добавена реалност варират както следва:

- само 3D
- 3D симулатори
- 3D анимация
- 3D видео и мултимедия,

като всеки модел е адаптиран към определени цели на изследването [Afandi, 2019].

Под учебна система с използване на VR и AR в работата на [Osipova, 2019] се разбира подреден набор от взаимосвързани елементи на електронни образователни ресурси, форми и средства за планиране и провеждане, наблюдение, анализ, коригиране на образователния процес, насочен към подобряване на ефективността на обучението на учениците (фиг. 1.8).



Фигура 1.8 Модел на учебна система с използване на VR и AR [Osipova et al, 2019]

### 1.3 Изводи

В резултат на направения аналитичен обзор могат да бъдат изведени следните заключения:

Виртуалната (VR), добавената (AR) и смесената реалност (MR) са съвременни средства, които позволяват обновяване и надграждане на модели и методи на преподаване и придобиване на знания. Комбинирането на AR/VR технологии в образованието дава възможност за нов

подход към ученето, който обикновено допълва традиционно използваните методи. Необходимо е да се предложат нови идеи, инструменти, примери за сценарии и възможности за виртуални обучителни ресурси за определени целеви групи. Отчитайки предимствата, недостатъци и функционалностите на AR/VR технологиите, е важно да се определи кога тези технологии са подходящи и за какви учебни цели, както и за какви сценарии на преподаване.

#### 1.4 Цел и задачи на дисертационния труд

От направения анализ на съвременни модели и методи на преподаване е формулирана целта на дисертационния труд:

**Да се предложат модели и методи за използване на добавена и виртуална реалност в обучението.**

За тази цел се дефинират следните задачи:

1. Да се разработи модел за използване на добавената и виртуалната реалност в STEM обучението с отчитане на различните образователни цели и специфики на отделните предмети.
2. Да се предложи модел за комбинация на добавената и виртуална реалност с физическа среда при обучение.
3. Да се разработи модел за комбиниране на добавена и виртуална реалност с проектно-базирано обучение в единен сценарий на преподаване.
4. Да се предложат методи за оценка на ефекта от комбинирането на учебна среда, медирана от разширена реалност, внедрена за подобряването на процеса на обучение и разбирането на учебния материал за определени цели на обучението.

## Глава 2. Модели за приложение на добавена и виртуална реалност в обучението

В този дисертационния труд се използват следните дефиниции:

- „Теоретичен модел е описание или представяне, използвани за разбиране на начина, по който работи определена система или процес“ [[https://www.lexico.com/definition/theoretical\\_model](https://www.lexico.com/definition/theoretical_model)]. Теоретичният модел е рамка, която изследователите създават, за да структурират процес на изследване и да планират как да подхождат към конкретен изследователски въпрос.

Моделът позволява да се определят целите на изследването. Понятието „Метод“ е дефинирано като определена систематична процедура за постигане или подход към нещо.

В тази глава се предлагат модели за приложение на добавената реалност в обучението по биология, математика и изкуства. Спецификите на всяка дисциплина са отразени в предлаганите модели. Освен приложението на AR/VR средства в обучението по определени предметни области, в тази дисертация се предлага модел на комбиниране на технологиите за добавена и виртуална реалност с различни техники, среди и сценарии за преподаване. Целта е да се проучи въздействието на AR инструменти върху учебните резултати на учениците.

### 2.1. AR/ VR инструменти

Един от най-успешните примери за AR система е zSpace®. През 2015 г. zSpace® Inc. представи „всичко-в-едно“ решение за образование, състоящо се от монитор за виртуална реалност и компютър. Системата предоставя на учениците реалистична учебна среда, която е в съответствие със стандарта NGSS (Next Generation Science Standards).

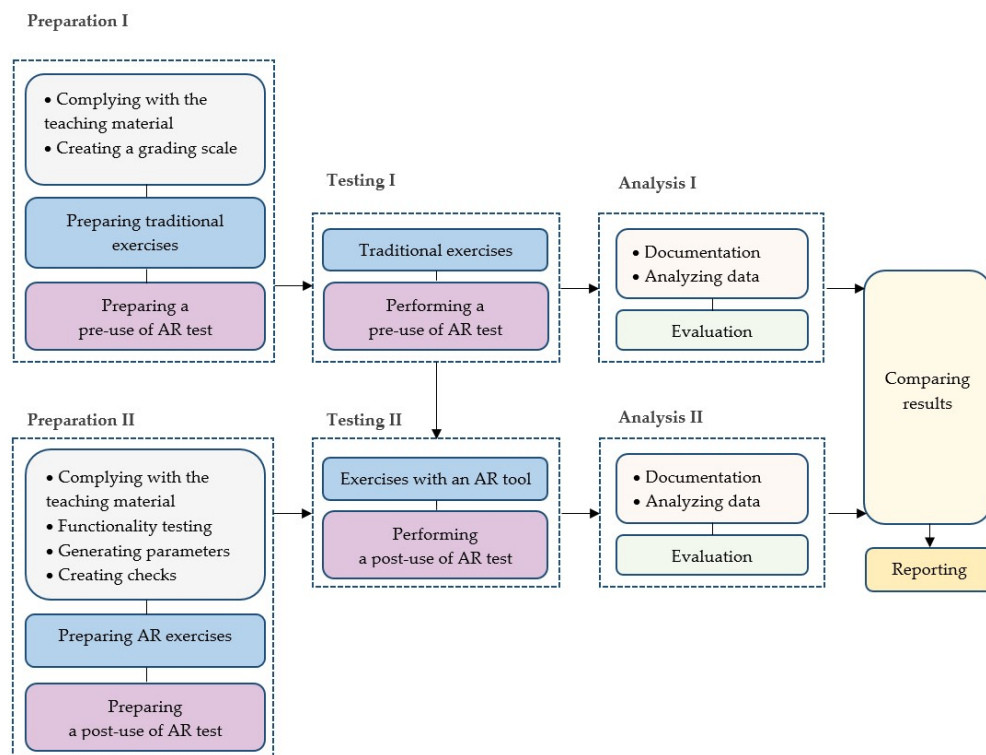


Фигура 2.1. zSpace® решение всичко в едно.

Zspace® се състои от няколко приложения за обучение и симулации.

### 2.2 Модел за приложение на AR/VR в STEM обучение

Предложеният модел за използване на добавената реалност се реализира чрез работния процес (фиг. 2.2) на един и същ експеримент за 3-те групи и четирите преподавани теми. Моделът съдържа следните етапи:



Фигура 2.2 Модел за използване на добавената реалност в STEM обучение .

### 2.3 Модел за приложение на добавена и виртуална реалност в обучението по математика

В тази част на дисертацията се представя изследване, което има за цел да проучи ефекта от използването на модула за добавена реалност на GeoGebra (интерактивно приложение, предназначено за изучаване на математика и природни науки) върху развитието на пространствените математически умения на учениците чрез добавена реалност.

#### 2.3.1 Модул за добавена реалност (AR) на GeoGebra.

GeoGebra е добре известен динамичен математически софтуер за обучение и преподаване на математика. GeoGebra 3D е инструмент за визуализация на криви и повърхности в триизмерно пространство, насочен към улесняване на разбирането на абстрактни и приложни геометрични понятия [Trigueros, 2019]. Приложението за

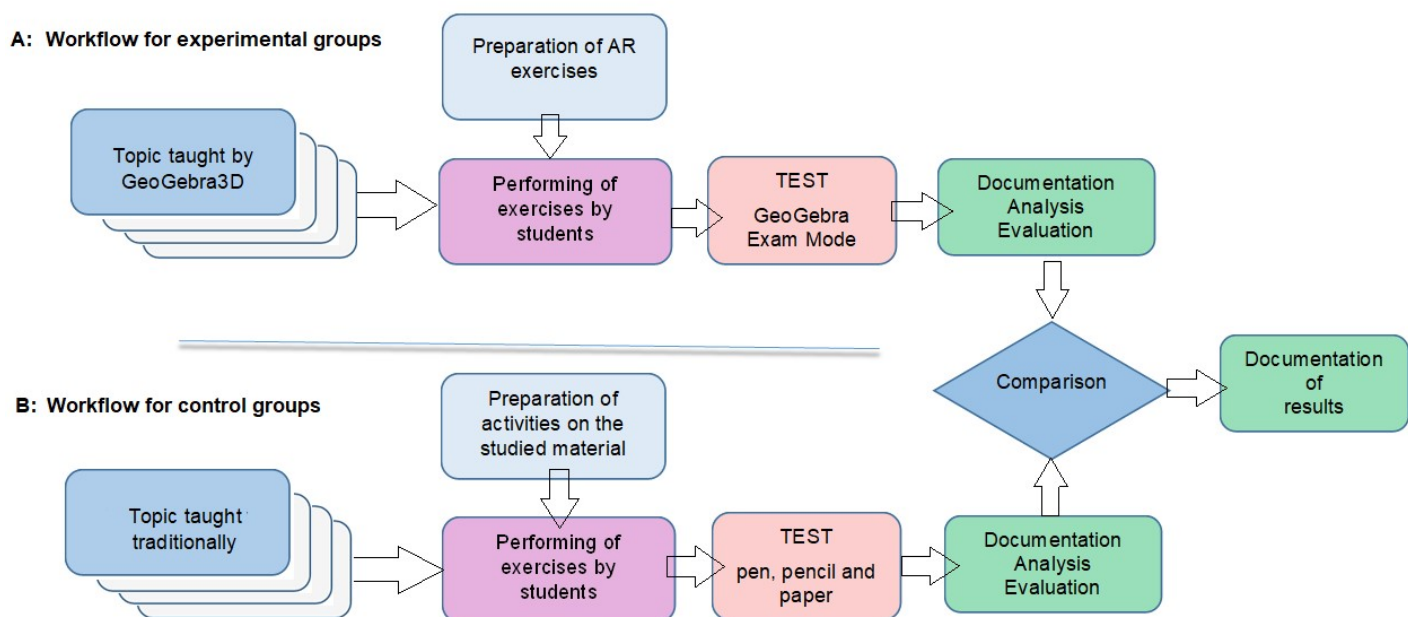


добавена реалност (AR) помага да се визуализират математически фигури и тела, генерирани от GeoGebra 3D, чрез разполагането им върху повърхност, избрана от потребителя. Тим Бжежински [Brzezinski] предоставя много примери за моделиране на AR.

### 2.3.2 Приложение на AR GeoGebra.

Проучват се два начина за използване на AR модула:

- постигане на персонализирано учебно изживяване от учениците, предоставено от AR модула на GeoGebra чрез мобилното приложение GeoGebra 3D Calculator.
- предложение за това как учителите могат да преподават и споделят стереоскопично 3D изживяване със своите ученици чрез комбинацията от zSpace (решение „всичко в едно“ за AR образование), GeoGebra и специална zView камера.



Фигура 2.7. Общ модел за използване на AR модула

Експериментът (фиг. 2.7) е валидиран със 76 участници, резултатите са показани в следващата глава.



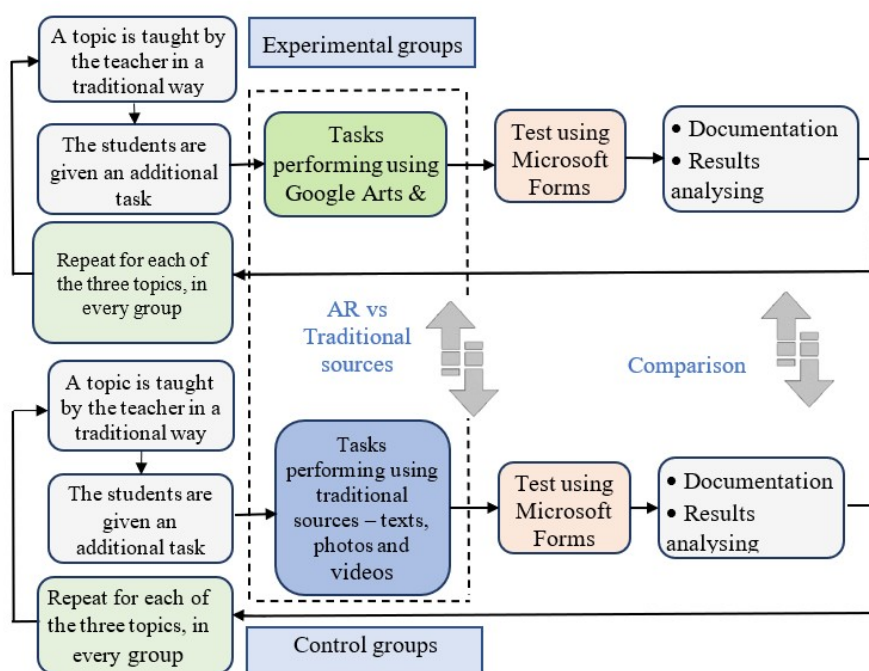
## 2.4 Модел за приложение на добавена реалност в обучението в областта на изкуствата

Добавената реалност се основава на концепцията за преживяване. Използването на AR в образованието и по-широкото ѝ внедряване наистина могат да трансформират опита от ученето.

Предлаганият в тази дисертация модел за използването на AR при преподаването в часовете по изобразително изкуство съдържа 2 модула. Единият от тях е за изследване на физически пространства и произведения на изкуството в класната стая чрез приложението за AR в Google Arts & Culture (фиг. 2.8).

Другият модул позволява на учениците да създават свои собствени AR произведения чрез добавяне на виртуално измерение към всяко произведение на изкуството, включително създадено от самите тях, чрез анимации, видео и музика. Конкретното приложение, което може да бъде използвано, е UniteAR.

Беше разработен този модел (фиг. 2.9):



Фигура 2.9. Модел на приложение на добавената реалност при обучение по изкуства

Както показват различни проучвания, ефективното обучение в областта на изкуствата, включително и интегрирането на изкуството в различни предметни области, насърчава активните, базирани на реални проблеми проучвания, събирането на данни, оценката и общуването.

## 2.5 Комбинация на проектно-базирано обучение с AR/VR технологии

### 2.5.1 Проектно-базираното обучение

Проектно-базираното обучение (PBL) е метод на обучение, при който учениците придобиват знания и умения, като работят продължително време, за да проучат и да отговорят на автентичен, ангажиращ и сложен въпрос, проблем или предизвикателство [Savery, 2006]. При обучението, базирано на проекти, учениците работят в групи за решаване на наистина предизвикателни проблеми, които много често са интердисциплинарни.

Едно от големите предимства на PBL е, че децата учат, като стават „пътешественици“, които пътуват в света на науката, откриват разнообразие от теми от различни предмети, вместо да се фокусират само върху конкретен урок, който се преподава в момента (фиг. 2.10).

### 2.5.2 Комбиниране на PBL с VR и AR

При работа за подобряване на STEM обучението чрез проектно-базиран подход, комбиниран с виртуална и разширена реалност, срещаме корена „реал“ три пъти – *реален проблем, виртуална реалност и разширена реалност*. Реалният проблем е роден от реалната среда, а за решаването му допринасят виртуалната и добавената реалност. Именно на тази територия, където се срещат трите „реалности“, трябва да се очаква апогеят на ефективност от комбинирането на PBL с VR и AR.

Като се започне от такива предположения и като се вземе предвид, че образователните нужди и начините за възприемане на информация от съвременните ученици са се променили през последните няколко години, настоящото проучване има за цел да отрази конкретно връзката между подхода на преподаване на PBL, AR/VR и STEM обучението.

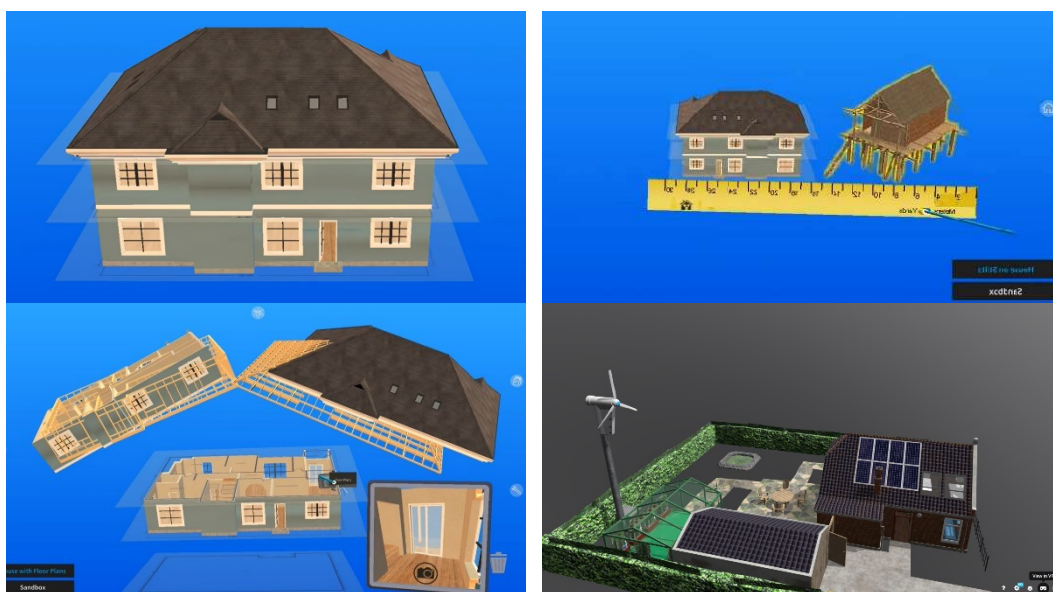
### 2.5.3 Модел на използване на PBL и AR/VR

Моделът за комбинация на PBL с AR/VR е практически ориентиран. Целевата група са ученици от средното училище, учещи в три различни паралелки. Учениците от всеки клас са разделени на 4 групи, всяка от които се състои от 6 ученици – по 2

контролни групи и 2 експериментални групи във всяка паралелка. Учениците във всяка от групите имат за задача да построят къща, в която енергията се използва по устойчив начин и използвайки естествени материали.

Проектът съчетава знания от биология, физика, математика, инженерни науки, занаяти и приложни техники от миналото и настоящето, обединени около идеята за алтернативни източници на електроенергия, за предимствата и недостатъците на зелената енергия.

По време на работата по проекта учениците от експерименталната група използваха AR и VR технологии, за да изследват и сравнят различни конструкции на къщи и техните свойства, както и да разгледат различни напречни сечения (фиг. 2.11). Учениците изследваха различни начини движение на въздушния поток в различни конструкции, плюсовете и минусите на естествените материали, използвани за изграждане на устойчиви къщи (фиг. 2.12).

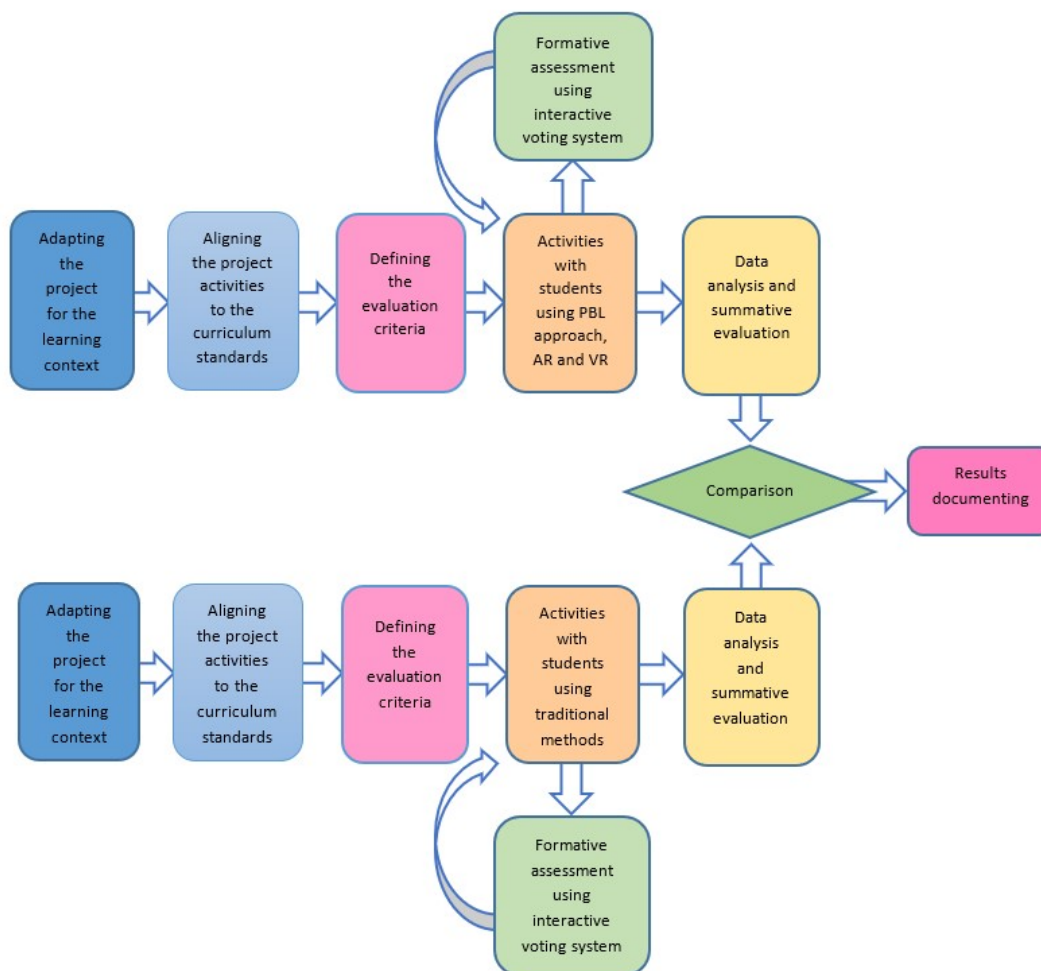


Фигура 2.11 Изследване и преглед на структурите на къщи с помощта на AR и VR.



Фигура 2.12. Модел на устойчив дом, построен от експериментална група ученици.

Моделът на работния процес (фиг. 2.13) за експерименталните групи е както следва:



Фигура 2.13 Моделът на работния процес

## 2.6 Комбиниране на AR със специфични интериорни решения за обогатяване на STEM обучението

Интериорът на класната стая трябва да се разглежда концептуално като инструмент за преподаване, който стимулира и подкрепя цялостния процес на обучение, и помага за установяване на рационални и ценностни образователните задачи чрез различните изразителни средства на изкуството и дизайна.

Погрешното схващане, че наличието на най-добрите технологии в класната стая елиминира нуждата от красота и уют, е широко разпространено. Добавената реалност се счита за достатъчна, за да даде на учениците усещане за пълнота както в заобикалящата ги среда, така и в процеса на обучение.

Моделът, по-който работи петчленната конфигурация учител – ученик – съдържание – декоративна учебна среда – добавена виртуалност ще бъде разгледан в два кабинета, изградени като декорирана учебна среда.



Фигура 2.14 „Петият елемент“ при мотивация и успеваемост

За да се превърне този модел в максимално ефективен, при разработката на всеки урок се изискват следните стъпки (фиг. 2.15):



Фигура 2.15 Стъпките на модела





*Фигура 2.16 Кабинет по Физика и астрономия преди (вляво) и след преобразуването (вдясно)*



*Фигура 2.17 Учебната стая преди (вляво) и след преобразуването (вдясно)*



*Фигура 2.18 Кабинет по Биология и здравно образование*

## 2.7 Изводи

Разработените модели за приложение на AR и VR технологиите в различни преподавани дисциплини показват че, използването на добавена и виртуална реалност може да бъде много ефективно за персонализиране на учебния процес и насърчаване на приобщаващото и активно учене.

В резултат на това са направени следните заключения:

1. Предложен е модел за използване на виртуалната реалност в обучението по биология като част от STEM обучението. Опитът показва, че симулациите са обещаващ начин за подобряване на учебните резултати на учениците, особено по предмети STEM;
2. Предложен е модел за приложение на добавена и виртуална реалност в обучението по математика
3. Разработен е модел за преподаването на изобразително изкуство с AR, който съдържа два модула – единият е за изследване на отдалечени географско физически пространства и артистични произведения без излизане от класната стая, другият е за създаване на собствени артистични произведения чрез добавяне на виртуално измерение към всяко произведение на изкуството.
4. Предложена е методика за комбиниране на проектно-базирано обучение с приложение на инструменти на добавена и виртуална реалност.
5. Разработен е модел за интегриране на взаимодействието между физическата среда и AR/VR технологиите.

## Глава 3 Оценяване на ефекта от прилагането на AR/VR при обучението в различни предметни области

Един възможен подход за оценка на ефективността на дадена симулация е провеждането на сравнителни тестове.

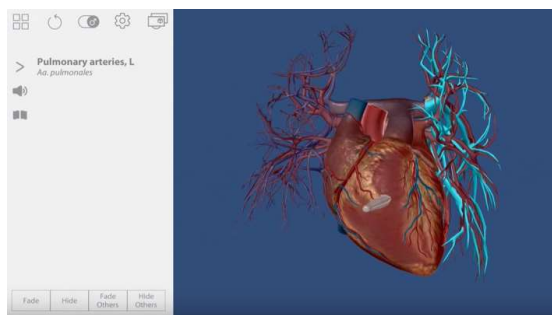
Оценката на това дали целите на обучението са постигнати, особено когато са направени много инвестиции в оборудване, е от решаващо значение за ефективното използване на това оборудване. Това изисква създаване на стратегия за оценка, събиране на данни и даване на препоръки за допълнителни подобрения.

Изследването оценява ефекта от работата в учебна среда, разширена с добавена реалност, и използвана за подобряване на учебния процес и задълбочаване на разбирането на учебния материал.

### 3.1 Оценяване на прилагането на AR/VR в STEM обучението

Участници в изследването бяха ученици от гимназията, разделени на три групи според техните направления на обучение – хуманитарни, STEM и информационни технологии (ИТ). Това са 3 отделни групи ученици със специфични интереси, които на този етап от обучението си трябваше да изучават един и същи учебен материал по биология. Участниците трябваше да изучават учебен материал, свързан с човешката анатомия по време на задължителните си уроци по биология. Броят на участниците в групите беше както следва: 28, 28 и 24.

Въздействието върху напредъка на учениците беше измерено чрез тестове, сравняващи резултатите им преди и след използване на AR приложенията. Използвана беше AR системата е Zspace® (Фигура 3.2).



Фигура 3.2. Екранна снимка на модел на разширена реалност (AR) на сърцето и кръвоносните съдове

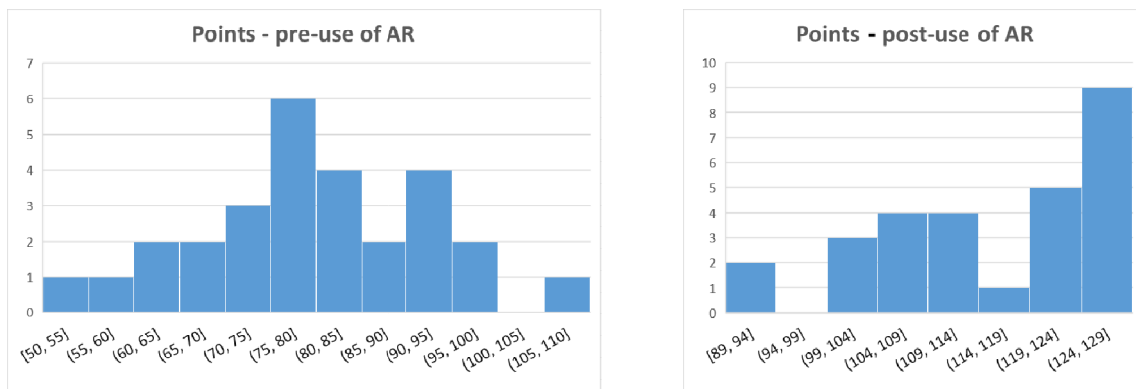
Изчислена е корелацията на Pearson.

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

където  $n$  - брой двойки точки;  $\sum xy$ —сума от произведенията на сдвоените резултати;  $\sum x$ —сума от  $x$  точки;  $\sum y$ —сума от  $y$  точки;  $\sum x^2$ —сума от  $x$  резултати на квадрат;  $\sum y^2$ —сума от резултатите на квадрат от  $y$ . Двете променливи  $x$  и  $y$  са количествени и непрекъснати.

Хистограмите на резултатите от 1-ва група ученици са показани на фигура 3.3.





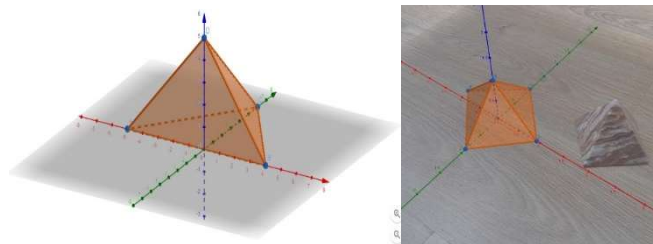
Фигура 3.3. Хистограми на резултатите от ученическа група 1.

Може да се види, че и в трите групи използването на AR система и среда за обучение доведе до статистически значима разлика в нивото на разбиране на учебния материал от учениците в сравнение с традиционните текстови и графично базирани инструменти за обучение.

### 3.2 Оценяване на ефекта от разработените модели с AR модула на Geo Gebra

Проучени се два начина за използване на AR модула:

- за персонализирано учебно изживяване, предоставено от AR модула на учениците чрез мобилното приложение Geo Gebra 3D Calculator.
- чрез комбинацията от zSpace (решение „всичко в едно“ за AR образование), GeoGebra и специална zView камера.



Фигура 3.6. Визуализация на AR модула на GeoGebra

И в 3-те групи се наблюдава ръст на резултата в точки. Средният процент на увеличение е почти 30.

### 3.3 Оценяване на ефекта от приложението на добавена реалност в обучението в областта на изкуствата

Това изследване представя резултати от приложението на AR в преподаването на изобразително изкуство според учебната програма за средните училища в България.

3.3.1 Изследване на физически пространства и произведения на изкуството в класната стая.

Първият тип приложение, което беше изследвано в проучването, позволява на учениците да изследват физически пространства и произведения на изкуството, докато са в класната стая.

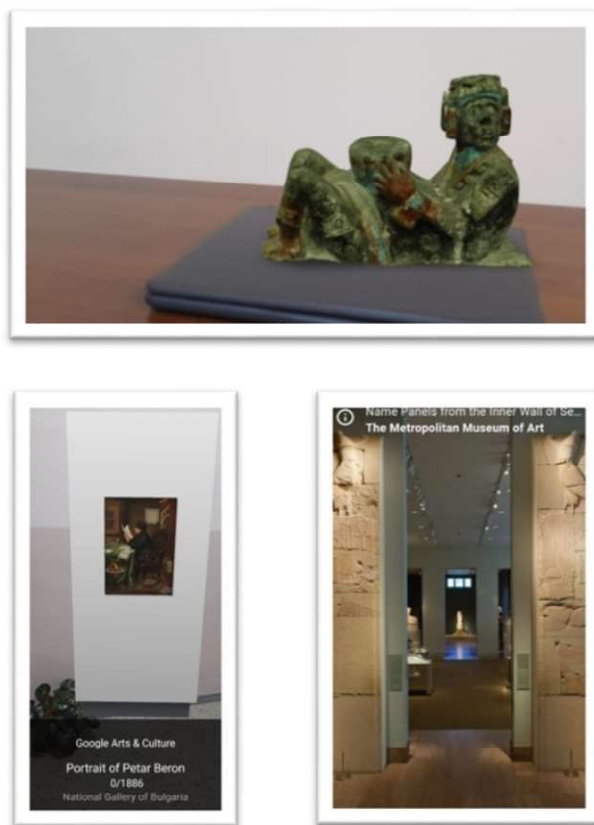
Задачите, които бяха поставени на учениците, се отнасяха до изследване на древни артефакти, на конкретна художествена галерия и на конкретна картина.

Приложението, използвано за изследване на физически пространства и произведения на изкуството докато са в класната стая беше *Google Arts & Culture*.

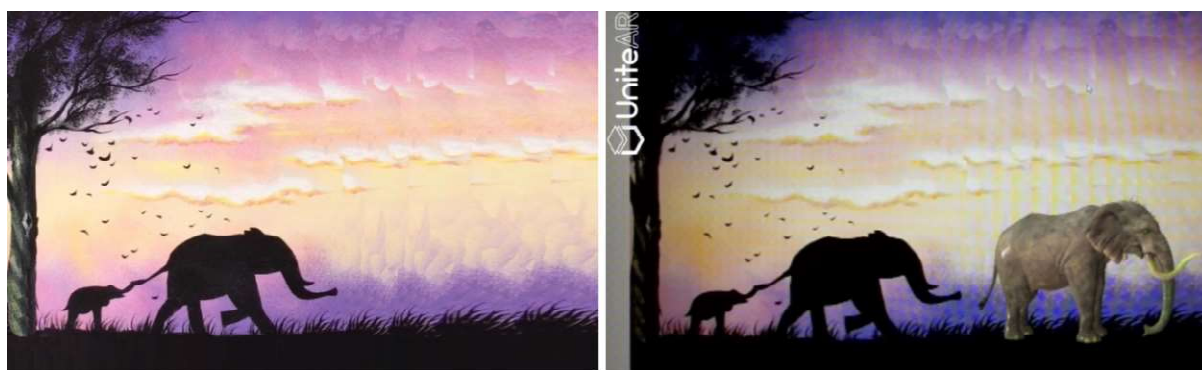
#### 3.3.2 Създаване на собствени произведения

Вторият вид приложение, което беше проучено, позволява на учениците да създават свои собствени AR обекти чрез добавяне на виртуално измерение към всяко произведение на изкуството, включително създадено от самите тях – анимации, видео и музика. Конкретното приложение, което беше тествано, е UniteAR [<https://www.unitear.com/>]. Това е SaaS платформа за разширена реалност, която позволява на потребителите да създават свои собствени AR изживяване буквално с три щраквания.

Следните фигури показват някои примери от работата на учениците, извършена с помощта на AR приложение в часовете по изобразително изкуство ((фиг. 3.7), (фиг. 3.8).



Фигура 3.7 Работа на учениците, извършена с помощта на AR приложение в уроци по изобразително изкуство



Фигура 3.8 Работа на ученик от 5-ти клас с AR приложение

Опитът показва, че един качествен AR инструмент, осигуряващ мултидисциплинарен подход, с възможности за персонализиране и с много инструменти за визуализация, може да бъде много полезен за учениците – да планират самостоятелно работата си, да правят изводи и да се научат да изразяват своето мнение като оценяват предмети, свързана с изкуството.

Вторият експеримент показва, че средната ангажираност на учениците се е увеличила с 27%.

### 3.4 Оценяване на ефекта от комбинирането на проектно-базирано обучение с AR/VR

Експерименталните резултати показаха, че интегрирането на такъв динамичен подход в класната стая като проектно-базираното обучение с подходящи приложения за AR/VR, може да отключи и стимулира креативността, да повиши както постиженията на учениците, така и тяхната мотивация за учене.

Ръст на точките се наблюдава при всичките 6 групи. Средният процент на увеличение е 28

### 3.5 Изводи

Целта на това изследване беше да се проучи въздействието на различни AR инструменти върху резултати на учениците. Проучването показва значително подобрене в разбирането на учениците по изследваните въпроси.

В съответствие с други проучвания, AR/VR технологията не само може да улесни процесите на преподаване, но и да ги направи по-интересни и мотивиращи. Въз основа на анализа на данните за ефективността на обучението чрез използването на AR може да се потвърди, че интегрирането на тази технология в учебния процес има значително влияние върху резултатите на учениците.

Изследването показва, че AR, особено когато се използва в обучението по природни науки, позволява на учениците да изследват, практикуват и взаимодействат със съдържанието, без да се притесняват за финансови или етични проблеми като скъпи консумативи или наранявания на животни. Технологията предоставя много възможности за експерименти, и то в безопасна среда. Като цяло инструментите за виртуална, добавена и смесена реалност осигуряват всички тези възможности.

Описани са резултатите, постигнати от учениците при работа с мобилното приложение GeoGebra 3D Calculator, заедно с възможностите за персонализирано обучение, които то предоставя, и предизвикателствата в учебния процес. Разгледана е и възможността за преподаване чрез системата за добавена реалност zSpace в режим "3D Grapher", с 3D модула на GeoGebra.

Извършени бяха изследвания, свързани с използването на инструменти за добавена реалност при обучението в областта на изкуствата. Резултатите показват че, използването на добавена реалност може да бъде много ефективен инструмент за персонализиране на учебния процес и насърчаване на приобщаващото и активно учене, а ангажираността на обучаваните е повишена с 27% спрямо измерената при използване на традиционни методи на обучение.

В резултат на това са направени следните заключения:

1. Предложена е методика за оценяване на приложението и въздействието на инструменти за добавена и виртуална реалност в образованието по предметите биология, математика и изобразително изкуство.
2. Предложен е метод за комбинираното използване на PBL с добавена и виртуалната реалност.

## Глава 4. Реализация на образователни материали със средствата на AR/VR

Един от големите въпроси, който стои пред преподавателите от различните STEM дисциплини, е кое приложение или коя среда за симулация и експерименти да използват за конкретни образователни нужди, както и коя среда за разработка да използват, в случай, че решат сами да създадат образователен ресурс.

От ключово значение за бързото развитие на тези технологии и ресурси характеристиките на AR и VR системите и възможностите, които те предоставят на потребителя, а именно:

VR: виртуален свят, потапящо преживяване, сензорна обратна връзка и интерактивност.

AR: възможност за комбиниране на цифрови и физически светове, взаимодействия в реално време и точна 3D идентификация на виртуални и реални обекти.

### 4.1 VR средства за реализация на обучение



Фигура 4.1 Основни елементи на VR

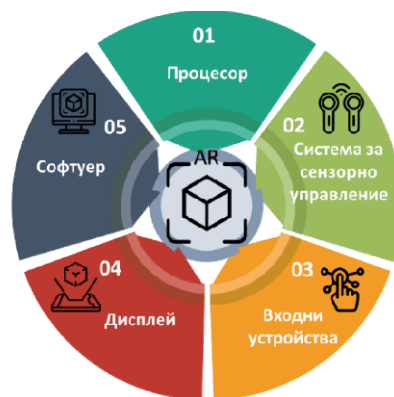
#### 4.1.1 Хардуер, необходим за използване на VR

За използването на виртуална реалност са нужни специални очила/шлемове за виртуална реалност – VR headset/gear. VR шлемовете са устройства, които напълно покриват очите на потребителя. Те осигуряват потапящо и завладяващо изживяване.

В сферата на образованието най-популярни са шлемовете, използвани с мобилен телефон, както и тези, известни като „всичко в едно“ – автономни шлемове, съдържащи всичко необходимо за провеждането на конкретен урок, и позволяващи централизирано управление от страна на учителя.

#### 4.2 AR средства за реализация на обучение

Когато говорим за добавена реалност (AR), трябва да имаме предвид двата основни вида AR технологии – базирана на маркери и без маркери. Изборът на технология определя възможностите и ограниченията при работа с конкретния вид AR.



Фигура 4.3 Основни елементи на AR

#### 4.2.1 Хардуер, необходим за използване на AR

Използването на добавена реалност е възможно чрез различни крайни устройства.

*Първата група AR устройства* включва смартфони и планшети, способни да работят с добавена реалност.

*Втората група AR устройства* са шлемовете с добавена реалност. Те позволяват на потребителите да виждат какво има пред тях, но в допълнение наслагват и цифрова информация.

*Третата група AR устройства* включва системи, състоящи се от няколко елемента – компютърна система, екран, камера, очила и различни видове сензори. Всичко това е комбинирано със специално разработен софтуер, позволяващ разучаването и интерактивното взаимодействие със сложни 3D структури, както и провеждането на различни симулации и експерименти. Една такава система, на която се базират част от изследванията в тази работа, е zSpace® [zspace.com].

#### 4.3 Софтуерни инструменти и платформи за AR/VR

Многобройните приложения на AR изискват специфичен софтуер и хардуер. Софтуерът използва координатите от реалната среда от камерите или други устройства, като целта е да се предаде информация за позиция на обекта в XML файл с използване на ARML (Augmented Reality Markup Language).

С нарастващото разпространение и успеха на AR приложенията в различни области, има и нарастваща необходимост от разработване на нови подходи и технологии за осигуряване на качеството на тези приложения [Tramontana, 2022].

##### 4.3.1 Среди за разработка на приложения за VR и AR

В последните години се появило множество среди за разработка на приложения за VR и AR. Сред тях има предназначени както за начинаещи, така и за напреднали и за професионалисти, а някои от тях са и уеб базирани.

*Някои от най-популярните среди за разработка на VR са:*

1. Unity 3D
2. Unreal Engine 4

3. Blender
4. React 360

*Сред най-използваните среди за разработка на AR са:*

1. Apple ARKit
2. Google ARCore
3. EasyAR
4. Vuforia

Идентифицирането на софтуер, подходящ за употреба от такива учители, е важна задача.

Заклучението е, че има само няколко инструмента за създаване на образователни AR приложения, насочени към нуждите на учителите. Те са:

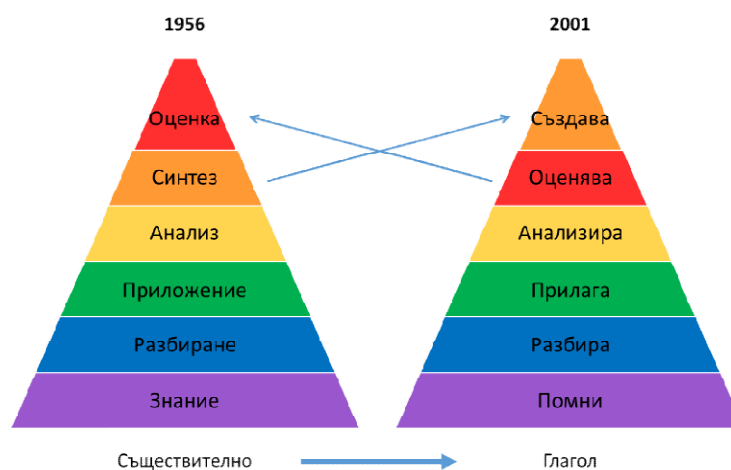
1. Vuforia Studio
2. Blippar
3. AWE
4. AR Media Studio
5. Areeka

#### 4.4 Насоки от таксономията на Блум за създаване на интерактивни AR/VR образователни приложения

При наличието на много и различни варианти за употребата на виртуална и добавена реалност, за повечето учители е трудно да изберат най-добрата технология и да намерят най-доброто ѝ приложение за конкретния случай.

Обновена версия на Таксономия на Блум [valamis.com, 2022] отразява навлизането на новите технологии и позволява да се изяснят учебните цели при прилагане на AR/VR (фиг. 4.4 и фиг. 4.5)





Фигура 4.5 Развитие на Таксономията на Блум

#### 4.5 SWOT анализ на приложението на AR/VR технологии в образованието

Резултатите показват, че използването на XR технологията в началното и средното образование е многостранно, може да повлияе положително на резултатите от обучението на учениците, допринася за повишаване на мотивацията, ангажираността и интереса [Galati 2019; Simon-Liedtke, 2022; Yin, 2022]. Симулацията на реалност осигурява по-силно въздействие върху обучаемите спрямо традиционните материали; по-добро практическо надграждане на теоретичните знания и икономия на материали, както и безопасност.

#### 4.6 Изводи

В тази глава е обобщен практическият опит на автора на този дисертационен труд от проведените множество експерименти в реална среда с различни AR/VR приложения, които оформя заключенията, че тези приложения се нуждаят от описания, показващи кой ресурс, кой инструмент и коя дейност на кое ниво в йерархията на Блум биха могли да се използват според образователните стандарти. Това значително би подпомогнало преподавателите да вземат информиран избор и да осигурят ефективно и персонализирано обучение.

## Заклучение - Резюме на получените резултати

Нивото на съвременната изчислителна техника, необходима за използването на AR/VR, заедно с повсеместното разпространение на мобилните устройства и мощните

настолни компютърни системи, осигуряват нови функционалности, които могат да се използват в преподаването. В дисертационния труд подробно са изследвани модели и методи за приложение на добавена и виртуална реалност в обучението. Проведени са множество експерименти в реална среда с различни AR/VR средства, среди и техники на преподаване с цел постигане на редица учебни цели.

Направен е качествен и количествен анализ на ефекта от използване на предложените модели с използване на добавена и виртуална реалност. За постигане на различни учебни цели в различни дисциплини на преподаване, както и за различни възрастови групи ученици, бяха разработени съответните модели. Проведените експерименти в реална учебна среда показаха, че симулациите са обещаващ начин за подобряване на образователните резултати на учениците, особено по STEM предмети. Оценяването на нивото на постигане на учебните цели чрез използването на виртуална и добавена реалност, съчетано с различни подходи в преподаването, е извършено със статистически методи.

В тази дисертация се предлага приложението на AR/VR технологии в обучението да бъде оценено в три направления:

- използване на AR/VR като допълнителни технологични средства
- комбиниране на AR/VR технологии с различни методи и сценарии на преподаване
- комбиниране на AR/VR технологии с физическо обкръжение/среда.

С оглед на работата, извършена в дисертацията, и изводите, получени в хода на изследванията и изложени по-горе, могат да бъдат формулирани следните **научно-приложни резултати**:

1. Разработен е модел за използване на добавена реалност в STEM обучение. Моделът позволява лесно адаптиране към спецификата на различните STEM дисциплини, като насърчава творчеството и екипната работа.
2. Разработен е модел за използване на добавена реалност в обучението по математика. Моделът позволява използването на различни технологии за добавена реалност, което го прави подходящ за приложение както в класната стая, така и извън нея. Дава възможност за използване на различни образователни подходи.
3. Предложен е модел за използване на добавената реалност в обучение по изкуства. Моделът позволява използването както на добавена, така и на

виртуална реалност. Това го прави гъвкав и приложим за много широк кръг от дейности в обучението по изобразително изкуство. Дава възможност за използване на различни образователни подходи, насърчава творчеството, откривателството и работата в екип.

4. Разработен е модел за комбиниране на проектно-базирано обучение с добавена и виртуална реалност. Моделът е практически ориентиран и позволява използването на мултидисциплинарен подход в работата с учениците. Работата върху реален проблем с помощта на двата вида реалности създава истинско усещане за преживяване и успешно адресира важен, но труден за решаване проблем като този с мотивацията на учениците.
5. Предложени са методи за оценка на внедряване на технологичните средства за добавена и виртуална реалност за определени цели на обучението.

## **Насоки за бъдещи изследвания**

Основните насоки за бъдещи изследвания върху тематиката на дисертацията включват:

- Изследване на възможностите на AR/VR за подобряване на дистанционното обучение
- Интегриране на AR/VR в обучението по предмета „Технологии предприемачество“
- Интегриране на AR/VR в обучението по ветеринарна медицина
- Изследване на възможностите на VR за подобряване на уменията на учениците за общуване, вземане на решения и работа в екип
- Създаване на методи и модели за използване на холографска AR в образованието

## Публикации по темата на дисертационния труд

1. **Petrov, P.D.**; Atanasova, T.V. The Effect of Augmented Reality on Students' Learning Performance in Stem Education. *Information* 2020, 11, 209. **Scopus SJR 0.222, Q2**  
<https://doi.org/10.3390/info11040209>
2. **Petrov, P.D.**, Atanasova, T.V. Developing Spatial Mathematical Skills Through Augmented Reality and Geogebra, ICERI2020 - The 13th Annual Int. Conf. of Education, Research and Innovation, Sevilla, Spain 09-11 Nov 2020, ISBN 978-84-09-24232-0, ISSN 2340-1095, pp. 5719-5723 (**WoS Conference Proceedings Citation Index**)
3. **Petrov, P.**, Atanasova, T., Kostadinov, G.. Enhancing Art education in school through augmented reality. 7th SWS International Scientific Conference on Social Sciences - ISCSS 2020, SGEM World Science (SWS) Society, Austria, 2020, ISBN:978-619-7603-15-6, ISSN: 2682-9959, DOI:10.5593/sws.iscss.v2020.7.2/s13.12, 99-106 (**e-library, Biblioteka WSB we Wrocławiu**)
4. **P. Petrov**, T. Atanasova, An Overview of Virtual and Augmented Realities in STEM Education, ESM 2019 **ESM@'2019** - The 33rd annual European Simulation and Modelling Conference. EUROSIS-ETI, ISBN: 978-9492859-09-9, EAN: 9789492859099, pp.123-128, 2019 (**Scopus**)
5. **P. Petrov**, T. Atanasova, G. Kostadinov. Types, Technologies and Trends in E-Learning, *Information technologies and control (ITC)*, vol. 3, 2019. Online ISSN: 2367-5357 DOI: 10.7546/itc-2019-001 (**ACM Digital Library**)
6. **Plamen Petrov**, Tatiana Atanasova, Digital Twins with Application of AR and VR in Livestock Instructions, *Problems of Engineering Cybernetics and Robotics*, Bulgarian Academy of Sciences 2021, Vol. 77, pp. 39-50 p-ISSN: 2738-7356; e-ISSN: 2738-7364  
<https://doi.org/10.7546/PECR.77.21.05>
7. **Petrov, P.D.**, Atanasova, T.V. Enhancing STEM Education Through Project-Based Learning Combined with Virtual and Augmented Reality, ICERI2022 - The 15th Annual Int. Conf. of Education, Research and Innovation, Sevilla, Spain 07-09 Nov 2022 (under print), ISSN 2340-1095 (**WoS Conference Proceedings Citation Index**)

## Забелязани цитирания

**Petrov, P.,** Atanasova, T.: The Effect of Augmented Reality on Students' Learning Performance in Stem Education. Information (Switzerland), 11, 4, MDPI, 2020, ISSN:2078-2489, DOI:<https://doi.org/10.3390/info11040209>, 209-220. **(WoS, Scopus) SJR 0.222, Q2**

### Цитира се в:

1. Saleem Basha, D., Abbas, M., Khalfan Al Masruri, D., Saadi, S. A., Al Azri, R., Adnan, M., & Yusufi, M. G. IMPACT OF AUGMENTED REALITY ASSISTED LANGUAGE LEARNING ON STUDENTS ACADEMIC ACHIEVEMENTS AT TERTIARY LEVEL IN SULTANATE OF OMAN. JOURNAL OF CRITICAL REVIEWS, ISSN- 2394-5125 , 2020, VOL 7, ISSUE 17: 2821-2828, doi:10.31838/jcr.07.17.354, @2020 [Линк](#)
2. A. Kašela, Š. Korečko and B. Sobota, "Extended Reality in Youth Education: a Literature Review, " 2021 19th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), 2021, pp. 169-174, doi: 10.1109/ICETA54173.2021.9726589., @2021 [Линк](#)
3. A.V. Kolsanov, O.A. Gelashvili, S.S. Chaplygin, A.K. Nazaryan. "Effectiveness of virtual reality simulator in training emergency medical care skills" January 2021, Operativnaya khirurgiya i klinicheskaya anatomiya (Pirogovskii nauchnyi zhurnal) 5(3):23 Колсанов А.В., Гелашвили О.А., Чаплыгин С.С., Назарян А.К. Эффективность тренажера виртуальной реальности при отработке навыков оказания экстренной медицинской помощи. Оперативная хирургия и клиническая анатомия. 2021;5(3):23-29., @2021 [Линк](#)
4. Afnan Aljumaiah, Yasser Kotb, "The Impact of Using zSpace System as a Virtual Learning Environment in Saudi Arabia: A Case Study", Education Research International, vol. 2021, Article ID 2264908, 12 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/2264908>, @2021 [Линк](#)
5. Ardi Nugroho, "Efektifitas Laboratorium Virtual Dalam Pembelajaran Praktikum Analisis Farmasi Pada Mahasiswa Farmasi Saat Pandemic Covid-19", Refleksi Pembelajaran Inovatif Vol 3, No 1 (2021): Volume 3 Nomor 1 Tahun 2021, @2021 [Линк](#)
6. Blagoev, I., Vassileva, G., & Monov, V. (2021). A model for e-learning based on the knowledge of learners. Cybernetics and Information Technologies, 21(2), 121-135. doi:10.2478/cait-2021-0023, @2021 [Линк](#)
7. Çetin, H., Türkan, A. The Effect of Augmented Reality based applications on achievement and attitude towards science course in distance education process. Educ Inf Technol (2021), @2021 [Линк](#)
8. Chong U., Alimardanov S. (2021) Audio Augmented Reality Using Unity for Marine Tourism. In: Singh M., Kang DK., Lee JH., Tiwary U.S., Singh D., Chung WY. (eds) Intelligent Human Computer Interaction. IHCI 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12616. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68452-5\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68452-5_31), @2021 [Линк](#)
9. El Kouzi M., McArthur V. (2021) FLCARA: Frog Life Cycle Augmented Reality Game-Based Learning Application. In: Zaphiris P., Ioannou A. (eds) Learning and Collaboration Technologies: Games and Virtual Environments for Learning. HCII 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12785. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77943-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77943-6_2), @2021 [Линк](#)
10. Hasnain Hyder, Gulsher Baloch, Khawaja Saad, Nehal Shaikh, Abdul Baseer Buriro and Junaid Bhatti, "Particle Physics Simulator for Scientific Education using Augmented Reality" International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA), 12(2), 2021.

- <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120284>, @2021 [Линк](#)
11. O. Kurniawan, N. T. S. Lee and N. Sockalingam, "Is Augmented Reality Robot as Effective as Physical Robot in Motivating Students to Learn Programming?", " 2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE), 2021, pp. 1-8, doi: 10.1109/TALE52509.2021.9678820., @2021 [Линк](#)
  12. Qi Cao, Bee Teck Png, Yiyu Cai, Yigang Cen, Di Xu. "Interactive Virtual Reality Game for Online Learning of Science Subject in Primary Schools". Proc. IEEE International Conference on Teaching, Assessment, And Learning for Engineering (TALE 2021), Wuhan, China, December 2021, @2021
  13. Ratna Farwati, Kartika Metafisika, Indah Sari, Debora Suryani Sitingjak, Dian Farkhatus Solikha, Solfarina Solfarina. "STEM Education Implementation in Indonesia: A Scoping Review". International Journal of STEM Education for Sustainability , Volume 1, pp 11-32; <https://doi.org/10.53889/ijses.v1i1.2>, @2021 [Линк](#)
  14. Sarminah Samad, Mehrbakhsh Nilashi, Rabab Ali Abumalloh, Fahad Ghabban, Eko Supriyanto, Othman Ibrahim. "Associated Advantages and Challenges of Augmented Reality in Educational Settings: A Systematic Review", Journal of Soft Computing and Decision Support Systems, Vol 8, No 1, 12-17 (2021), @2021 [Линк](#)
  15. Sembayev, T; Nurbekova, Z and Abildinova, G. "The Applicability of Augmented Reality Technologies for Evaluating Learning Activities" 2021 | INTERNATIONAL JOURNAL OF EMERGING TECHNOLOGIES IN LEARNING 16 (22) , pp.189-207, @2021 [Линк](#)
  16. Seng Yue Wong, Zuraidah Abdullah, Muhamad Saiful Haq Hussin, Nahrizul Adib Kadri, Unaizah Obaidallah, Nashrul Mohd Zubir, Influence of Augmented Reality (AR) Technology via Mobile Application for Knowledge Transfer Program in Fourth Industrial Revolution Era, ASEAN J. of Community Engagement , Vol. 5 (2021) , No. 1, @2021 [Линк](#)
  17. Sukhdeve, Pooja Siddharth. "Implementing Augmented Reality Into Immersive Virtual Learning Environments: Implementation of Augmented Reality Technologies in Immersive Education Programs." Implementing Augmented Reality Into Immersive Virtual Learning Environments, edited by Donna Russell, IGI Global, 2021, pp. 102-118. <http://doi:10.4018/978-1-7998-4222-4.ch006>, @2021 [Линк](#)
  18. TAVARES, Joyce; CORTIZ, Diogo. A study of Augmented Reality as a teaching and learning technology in the field of Design. In: WORKSHOP DE TESES E DISSERTAÇÕES - SIMPÓSIO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA (SVR), 23. , 2021, Evento Online. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021 . p. 13-14., @2021 [Линк](#)
  19. Tegoan N, Wibowo S, Grandhi S. Application of the Extended Reality Technology for Teaching New Languages: A Systematic Review. Applied Sciences. 2021; 11(23):11360., @2021 [Линк](#)
  20. Tiede, J., Mangina, E. & Grafe, S. (2021). Evaluation Design Methodology for Piloting Two Educational Augmented Reality STEM Apps in European Elementary Schools. In T. Bastiaens (Ed.), Proceedings of EdMedia + Innovate Learning (pp. 185-190). United States: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)., @2021
  21. Tripathy, Maruti Kumar and Bhujendra Nath Panda. "Adaptability and Awareness of Augmented Reality in Teacher Education", Educational Quest: An Int. J. of Education and Applied Social Sciences: Vol. 12, No. 2, pp. 107-114, August 2021 DOI: 10.30954/2230-7311.2.2021.7, @2021
  22. Widyanti, R. et al. "Physics teachers' perceptions and anxieties about the use of technology-integrated learning resources on magnetic field material: A preliminary research on augmented reality-integrated STEM learning." Journal of Physics: Conference Series 1796 (2021), @2021 [Линк](#)

23. Xueying Wu, You Yang, Review and Prospects of Research on VR Digital Technologies Education Abroad, Innovation and Practice of Teaching Methods, SYNERGY PUBLISHING PTE, ISSN:2630-483X, Vol. 4, No 9 (2021) pp.23-31, <https://doi.org/10.26549/jxjfcxysj.v4i9.7249>, @2021 [Линк](#)
24. Yegorina, D., Armstrong, I., Kravtsov, A., Merges, K., & Danhoff, C. (2021). Multi-user geometry and geography augmented reality applications for collaborative and gamified STEM learning in primary school. Review of Education, 9, e3319. <https://doi.org/10.1002/rev3.3319>, @2021 [Линк](#)
25. Elbeshti M., Elased M., Bribesh F., Abushafa M. (2022) Science Education in Libya. In: Huang R. et al. (eds) Science Education in Countries Along the Belt & Road. Lecture Notes in Educational Technology. Springer, Singapore., @2022 [Линк](#)
26. GABARDA MÉNDEZ, V.; COLOMO MAGAÑA, E.; RUIZ PALMERO, J.; CÍVICO ARIZA, A. Aprendizagem de matemática aprimorada por tecnologia na Europa: uma revisão de literatura. Texto Livre, Belo Horizonte-MG, v. 15, p. e40275, 2022. DOI: 10.35699/1983-3652.2022.40275, @2022 [Линк](#)
27. Gattullo, M.; Laviola, E.; Boccaccio, A.; Evangelista, A.; Fiorentino, M.; Manghisi, V.M.; Uva, A.E. Design of a Mixed Reality Application for STEM Distance Education Laboratories. Computers 2022, 11, 50., @2022 [Линк](#)
28. Gerardo Reyes-Ruiz. "Flipped Learning: Augmented reality as an innovative and efficient technology for language learning in a Flipped Learning pedagogical model". Pixel-Bit. Media and Education Magazine, N° 65 -September (2022) DOI: 10.12795/pixelbit.93478, @2022 [Линк](#)
29. Hamid Rastegari. "Metaverse Effect on virtual education in Post-Corona". Proceedings 2th National conference on health knowledge production, confronting COVID 19 and governing thepost-corona world. Islamic Azad University, Najafabad Branch Department of Software Engineering, @2022 [Линк](#)
30. Ivanova M. (2022) Science Education in Bulgaria. In: Huang R. et al. (eds) Science Education in Countries Along the Belt & Road. Lecture Notes in Educational Technology. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-6955-2\\_21](https://doi.org/10.1007/978-981-16-6955-2_21), @2022 [Линк](#)
31. Laviola E. et al. Mixed Reality in STEM Didactics: Case Study of Assembly Drawings of Complex Machines. In: Rizzi C., Campana F., Bici M., Gherardini F., Ingrassia T., Cicconi P. (eds) Design Tools and Methods in Industrial Engineering II. ADM 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91234-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91234-5_16), @2022 [Линк](#)
32. Liao, X.; Luo, H.; Xiao, Y.; Ma, L.; Li, J.; Zhu, M. Learning Patterns in STEAM Education: A Comparison of Three Learner Profiles. Educ. Sci. 2022, 12, 614. <https://doi.org/10.3390/educsci12090614>, @2022 [Линк](#)
33. Lim, K. (2022), Expanding Multimodal Artistic Expression and Appreciation Methods through Integrating Augmented Reality. Int J Art Des Educ. <https://doi.org/10.1111/jade.12434>, @2022 [Линк](#)
34. Malek Jdaitawi, Ashraf Kan'an, Belal Rabab'h, Ayat Alsharua, Mohamed Johari, Wafa Alashkar, Ahmed Elkilany, and Ahmed Abas. "The Importance of Augmented Reality Technology in Science Education: A Scoping Review" IJIEET 2022 Vol.12(9): 956-963 ISSN: 2010-3689 doi: 10.18178/ijiet.2022.12.9.1706, @2022 [Линк](#)
35. Malek Jdaitawi, Belal Sadiq, Ayat Al Sharua, Ahmed Elkilany, Marwa Kholif and Yasser Rady, Does Flipped Learning Success in Enhancing Education Outcomes, International Journal of Early Childhood Special Education, March 2022, 14(1):1201-1206, DOI: 10.9756/INT-JECSE/V14I1.221137, @2022 [Линк](#)

36. Nabila, Nur Izza; Junaini, Syahrul Nizam. "PrismAR: A mobile Augmented Reality Mathematics Card Game for Learning Prism", January 2022, IJCDJ Journal 11(1):217-225, @2022 [Линк](#)
37. Nurhayati, Rusdi, and Hanum Isfaeni, "The Application of Mobile Augmented Reality to Improve Learning Outcomes in Senior High Schools," International Journal of Information and Education Technology vol. 12, no. 7, pp. 691-695, 2022. doi: 10.18178/ijiet.2022.12.7.1672, @2022 [Линк](#)
38. Pasalidou, C., Fachantidis, N. (2022). Designing a Shared Workspace for Learning Using Augmented Reality and Social Robots. In: Stephanidis, C., Antona, M., Ntoa, S. (eds) HCI International 2022 Posters. HCII 2022. Communications in Computer and Information Science, vol 1582. Springer, Cham., @2022 [Линк](#)
39. Vicente Gabarda Méndez · Ernesto Colomo Magaña · Julio Ruiz-Palmero · Francisco David Guillen-Gamez, Technology-mediated mathematics learning in compulsory education: a bibliometric analysis, PUBLICACIONES, 52(1):35-55 DOI: 10.30827/publicaciones.v52i1.22298, @2022 [Линк](#)
40. Nastaran Mohammadhossein, Alexander Richter, Stephan Lukosch, Benefits of Using Augmented Reality in Learning Settings: A Systematic Literature Review, Forty-Third International Conference on Information Systems, Copenhagen, December @2022 [Линк](#)

**Petrov, P., Atanasova, T.:** Developing Spatial Mathematical Skills Through Augmented Reality and Geogebra. ICERI2020 - The 13th Annual International Conference of Education, Research and Innovation, IATED Digital Library, 2020, ISBN:978-84-09-24232-0, 5719-5723

Цитира се в:

1. Ivaylo Blagoev, Gergana Vassileva, Vladimir Monov. A Model for e-Learning Based on the Knowledge of Learners, CYBERNETICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES • Volume 21, No 2, pp.121-135, Sofia • 2021 Print ISSN: 1311-9702; Online ISSN: 1314-4081 DOI: 10.2478/cait-2021-0023, @2021 [Линк](#)

## Участие в проекти

1. Национална Научна Програма „Информационни и Комуникационни Технологии За Единен Цифров Пазар в Науката, Образованието и Сигурността (ИКТвНОС), **задача 2.1.2.**
2. Национална Научна Програма „Интелигентно животновъдство” (Инте-Живо), **РП 5 и РП 11.**



## Библиография

1. Afandi B., Kustiawan I. and Herman N. D. (2019) Exploration of the augmented reality model in learning, Annual Conference of Science and Technology Journal of Physics: Conference Series 1375 012082 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1375/1/012082
2. Arena F., Collotta M., Pau G., Termine F. (2022) An Overview of Augmented Reality. *Computers*, 11, 28. <https://doi.org/10.3390/computers11020028>
3. Augmented And Virtual Reality Differences And Application In School Programs, <https://elearningindustry.com/augmented-and-virtual-reality-differences-application-school-programs>
4. Augmented Reality Can be a Reality in Your Art Classroom. <https://theartofeducation.edu/2015/03/26/augmented-reality-can-be-a-reality-in-your-art-classroom/>
5. Augmented reality in the classroom. <https://www.unitear.com/augmented-reality-in-education>
6. Bloom, B.S. (1956) Taxonomy of Educational Objectives, Handbook: The Cognitive Domain. David McKay, New York.
7. Brij Y., Belhadaoui H., (2021) Virtual and Augmented Reality in school context: A literature review, ICCSRE'2021, E3S Web of Conferences 297, 01027 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202129701027>
8. Brzezinski T. Augmented Reality: Ideas for Student Explorations, (on-line resources) Retrieved from <https://www.geogebra.org/m/RKYFdQJy>
9. Cabero-Almenara J., Fernandez-Batanero J.M., Barroso-Osuna J. (2019) Adoption of augmented reality technology by university students, *Heliyon*, vol. 5, issue 5, E01597.
10. Chandrasekera T. (2018) Augmented Reality, Virtual Reality and their effect on learning style in the creative design process, *Design and Technology Education: An International Journal*, 23.1, pp.55-75.
11. Del Cerro Velázquez F., Morales Méndez G. (2018) Augmented Reality and Mobile Devices: A Binominal Methodological Resource for Inclusive Education (SDG 4). An Example in Secondary Education. *Sustainability*, 10, 3446.
12. Dengel A., Iqbal M. Z., Grafe S., Mangina E. (2022) A Review on Augmented Reality Authoring Toolkits for Education, *Frontiers in Virtual Reality* Vol. 3, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2022.798032>, doi:10.3389/frvir.2022.798032, ISSN=2673-4192
13. Diegmann, Ph., Schmidt-Kraepelin M., Eynden S., and Basten D. (2015) Benefits of Augmented Reality in Educational Environments - A Systematic Literature Review, *Wirtschaftsinformatik Proceedings*, 103. <https://aisel.aisnet.org/wi2015/103>
14. Do, K. (2015) 3D Technology at ISTE Cyber Science 3D. 2015. <https://vivedlearning.com/3dtechnology-at-iste-2015-3/>.
15. Galati F., Bigliardi B., Deiana A., Filippelli S., Petroni A. (2019) Pros and Cons of Augmented Reality In Education, Proceedings of EDULEARN'19 Conference, Palma, Mallorca, Spain, pp.9165-9168, ISBN: 978-84-09-12031-4
16. Geroimenko, V.(Ed.) (2020) Augmented Reality in Education, A New Technology for Teaching and Learning, Springer Series on Cultural Computing.
17. Jumani A. Kh., Siddique W. A., Laghari A. A., Abro A., Khan A. A. (2022) Virtual Reality and Augmented Reality for Education, In book: Multimedia Computing Systems and Virtual Reality, CRC Press.

18. Kamińska D., Sapiński T., Wiak S., Tikk T., Haamer R.E., Avots E., Helmi A., Ozcinar C., Anbarjafari G. (2019) Virtual Reality and Its Applications in Education: Survey. *Information*, 10, 318. <https://doi.org/10.3390/info10100318>
19. Kersten, T.P., Edler, D. (2020) Special Issue “Methods and Applications of Virtual and Augmented Reality in Geo-Information Sciences”. *PGF* 88, 119–120. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00109-w>
20. Kirkpatrick D. (1954) *Evaluating Human Relations Programs for Industrial Foremen and Supervisors*, Doctoral dissertation.
21. Kovalenko V.V., Marienko M.V., Sukhikh A.S. (2021) Use of Augmented and Virtual Reality Tools in a General Secondary Education Institution in the Context of Blended Learning, ISSN: 2076-8184. *Information Technologies and Learning Tools*, Vol 86, №6, DOI: 10.33407/itlt.v86i6.4664
22. Liu D., Dede C., Huang R., Richards J. (Eds.) (2017) *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*, Springer Singapore.
23. Milgram P. and Kishino F. (1994) A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol. 77, no. 12, pp. 1321-1329.
24. Milgram P., Takemura H., Utsumi A. & Kishino F. (1994) Augmented Reality: A class of displays on the reality virtuality continuum. *SPIE Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, pp. 282–292.
25. Nersesian E., Spryszynski A., Lee M.J. (2019) Integration of Virtual Reality in Secondary STEM Education. In Proceedings of the 2019 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC), Princeton, NJ, USA, 16 March 2019; pp. 83–90.
26. ORT (2018) Opening of New STEM Laboratories Gives Sofia Pupils Room for Inspiration. <https://www.ort.org/en/news/opening-of-new-stem-laboratories-gives-sofia-pupils-room-for-inspiration/>.
27. Osipova N., Kravtsov H., Gnedkova O., Lishchuk T., Davidenko K. (2019) Technologies of Virtual and Augmented Reality for High Education and Secondary School, Proceedings of the ICTERI 2019 - 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops, Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. pp.121-131.
28. Panciroli C., Macaуда A., Russo, V. (2017) Educating about Art by Augmented Reality: New Didactic Mediation Perspectives at School and in Museums. *Proceedings*, 1, 1107, doi:10.3390/proceedings1091107.
29. Petrov P., Atanasova T. (2019) An overview of virtual and augmented realities in STEM education, ESM 2019 - The 33rd annual European Simulation and Modelling Conference, EUROSIS-ETI, 2019, pp.123-128.
30. Petrov P., Atanasova T. (2020a) The Effect of Augmented Reality on Students’ Learning Performance in STEM Education. *Information* 2020, vol. 11, issue 4, 209; <https://doi.org/10.3390/info11040209>
31. Petrov P., Atanasova T. (2020b) Developing Spatial Mathematical Skills Through Augmented Reality and Geogebra, ICERI2020 - The 13th Annual Int. Conf. of Education, Research and Innovation, Sevilla, Spain 09-11 Nov 2020, ISBN 978-84-09-24232-0, ISSN 2340-1095, pp. 5719-5723
32. Petrov P., Atanasova T. (2021) Digital Twins with Application of AR and VR in Livestock Instructions, *Problems of Engineering Cybernetics and Robotics*, Bulgarian Academy of Sciences, vol. 77, pp. 39-50 p-ISSN: 2738-7356; e-ISSN: 2738-7364 <https://doi.org/10.7546/PECR.77.21.05>

33. Petrov P., Atanasova T., Kostadinov G. (2019) Types, Technologies and Trends in E-Learning, *Information technologies and control (ITC)*, vol. 3, Online ISSN: 2367-5357 DOI: 10.7546/itc-2019-001
34. Petrov P., Atanasova T., Kostadinov, G. (2020c) Enhancing Art education in school through augmented reality. 7th SWS International Scientific Conference on Social Sciences - ISCSS 2020, SGEM World Science (SWS) Society, Austria, 2020, ISBN:978-619-7603-15-6, ISSN: 2682-9959, DOI:10.5593/sws.iscss.v2020.7.2/s13.12, 99-106
35. Petrov, P., Atanasova, T. (2022) Enhancing STEM Education Through Project-Based Learning Combined with Virtual and Augmented Reality, ICERI2022 - The 15th Annual Int. Conf. of Education, Research and Innovation, Sevilla, Spain 07-09 Nov 2022 (under print)
36. Rebbani Z., Azougagh D., Bahatti L., Bouattane O. (2021) Definitions and Applications of Augmented/Virtual Reality: A Survey, *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, vol. 9. no. 3, pp. 279 – 285, ISSN 2347 - 3983
37. Rienow A., Lindner C., Dedring T. et al. (2020) Augmented Reality and Virtual Reality Applications Based on Satellite-Borne and ISS-Borne Remote Sensing Data for School Lessons. PFG 88, pp. 187–198. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00113-0>
38. Savery J. R., (2006) Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *Journal of Problem-based Learning*, vol. 1, no.1.
39. School Rooms of the Future—Center for Natural Sciences Opened in Our School. <https://www.hebrewschool-bg.org/2018/11/27/opening-new-stem-laboratories-gives-sofia-pupilsroom-inspiration/>.
40. Simon-Liedtke, J.T., Baraas, R.C. (2022) The Need for Universal Design of eXtended Reality (XR) Technology in Primary and Secondary Education. In: Chen, J.Y.C., Fragomeni, G. (eds) *Virtual, Augmented and Mixed Reality: Applications in Education, Aviation and Industry*. HCII 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13318. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-06015-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06015-1_9)
41. Tramontana P., De Luca M. and Fasolino A. R. (2022) An Approach for Model Based Testing of Augmented Reality Applications, Joint Proceedings of RCIS 2022 Workshops and Research Projects Track, May 17-20, Barcelona, Spain
42. Trigueros J.M. Alonso, Cantón A., Castrillón M., Fox D.J., Gil O., Ortega D., Pérez S., Rosado E., Vázquez-Gallo M.J. (2019) 3D Explora: a GeoGebra book for visualizing curves and surfaces in 3D, Proceedings of the INTED2019 pp. 1007-1011.
43. Tzima S., Styliaras G., Bassounas A. (2019) Augmented Reality Applications in Education: Teachers Point of View, *Education Sciences*, vol. 9, issue 2, 99, <https://doi.org/10.3390/educsci9020099>
44. Valamis Learning Solution, (2022) Bloom's Taxonomy: Revised Levels, Verbs for Objectives, <https://www.valamis.com/hub/blooms-taxonomy>
45. Virtual Reality (VR). Merriam-Webster.com Dictionary, Merriam-Webster. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/VR>
46. Yin W. (2022) An Artificial Intelligent Virtual Reality Interactive Model for Distance Education, Hindawi, *Journal of Mathematics*, Vol. 2022, Article ID 7099963, 7 pages, <https://doi.org/10.1155/2022/7099963>
47. zSpace & Standards-Based Instruction (2020) [https://cdn.zspace.com/downloads/documentation/standards-based-learning/State\\_by\\_State\\_Standards\\_-\\_NGSS\\_Elementary.pdf](https://cdn.zspace.com/downloads/documentation/standards-based-learning/State_by_State_Standards_-_NGSS_Elementary.pdf)
48. zSpace. Learning through AR/VR Experiences. <https://zspace.com/>