

**Мая Стефанова Стайкова**

**ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ  
ТЕХНОЛОГИИ В STEM ОБУЧЕНИЕТО**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

на дисертация

за придобиване на образователна и научна степен „доктор“  
по докторска програма: „Приложение на принципите и методите  
на кибернетиката в различни области на науката“

Професионално направление: 5.2. „Електротехника, електроника  
и автоматика“

Научен ръководител:  
проф. д-р Найден Шиваров

София, 2025 г.

Дисертацията е обсъдена и допусната до защита на разширено заседание на секция „Кибер-физични системи“ на ИИКТ-БАН, състояло се на 11 ноември 2025 г.

Дисертационния труд се състои от 187 страници, от които основно съдържание 146, включва 109 фигури, 7 таблици, 3 приложения, библиографията обхваща 126 източника, от които 126 на английски език и 6 интернет сайта.

Защитата на дисертацията ще се състои на .....202... г. от ..... часа в зала 228 на блок 2 на ИИКТ-БАН на открито заседание на научно жури в състав:

1. Проф. д-р Николай Стоименов
2. Проф. Андон Топалов
3. Проф. д-р инж. Коста Бошнаков
4. Доц. д-р инж. Никола Шакев
5. Доц. д-р Станислав Гьошев

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

Автор: ***Мая Стефанова Стайкова***

Заглавие:           ИНФОРМАЦИОННИ           И           КОМУНИКАЦИОННИ  
ТЕХНОЛОГИИ В STEM ОБУЧЕНИЕТО

## СЪДЪРЖАНИЕ

Увод .....	4
ГЛАВА 1. STEM обучение .....	7
1.1 Произход и зараждане на STEM .....	7
1.1.1 Определение .....	7
1.1.2 Концепция .....	8
1.1.3 Основоположник на STEM концепцията .....	9
1.1.4 Развитие във времето на STEM обучението .....	9
1.2 STEM образование в световен мащаб – ретроспекция .....	9
1.3 STEM образование в България .....	10
ГЛАВА 2. Технологии в STEM .....	12
2.1 Информационни технологии в STEM образованието .....	12
2.2 Комуникационни технологии в STEM образованието .....	12
2.3 Интегративни технологии .....	13
2.3.1. Роботика .....	13
2.3.2. Изкуствен интелект (ИИ) в STEM .....	14
2.3.3. Edge на устройството и облачни (cloud) технологии .....	18
ГЛАВА 3. Разработка, изследване и интегриране на учебни работи в STEM обучение .....	19
3.1. Изследване и разработка на роботизирани STEM решения .....	19
3.1.1. Ozobot .....	19
3.1.2. BlueBot .....	22
3.1.3. ArtieMax .....	24
3.1.4. Artie 3000 .....	30
3.1.5. Cody Rocky .....	31
3.1.6. XGO-mini 2 Dog .....	34
3.1.7. Интелигентни мобилни работи .....	40
3.1.8. Други мобилни образователни работи .....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	48
ПРИНОСИ .....	49
БИБЛИОГРАФИЯ .....	50

## УВОД

### Актуалност на проблема

Днес сме на прага на индустрия 5.0., което говори за непрекъснато развитие на информационните и комуникационните технологии в ежедневието на обществото. За да бъде едно общество устойчиво, икономически ефективно и с високо качество на живот то е необходимо технологиите да са вплетени в неговата структура. Тази подготовка освен в семейната среда се случва и в образователната система. Бързината, с която се развиват технологиите не успява да се синхронизира с образователната система в България.

Дисбалансът между технологиите и образованието започва с желанието на индивидите да се развиват през 19 в. Век на много открития и подем в развитието. Днес е известно, че живота на един телефон е две години и той вече е обновен, но не така се обновява системата на образованието.

В България образованието се намира в кризисно състояние. От друга страна трудовият пазар в България се развива технологично, опитвайки се да поддържа едно здраво общество. Догонването и излизането от функционалния срыв на образователната система може да се случи с помощта на ИКТ и STEM обучение. Четири глобални науки обединени в едно с цел колаборацията им в преподаването в един час. Това е метод на обучение с чиято помощ може да се балансира образователната система.

Ако образователната цел е учениците да станат адаптивни и критично мислещи млади хора, които да могат да решават казуси утре, у тях е нужно да се подкрепят следните умения, върху които се основава концепцията за STEM:

- Творческо мислене (креативно мислене);
- Критичен анализ (аналитично мислене);
- Работа в екип;
- Инициативност;
- Математическа грамотност;
- Алгоритмично мислене;
- Социално-емоционални умения (емпатия, активно слушане).

Настоящата дисертационна работа е структурирана както следва:

В **ГЛАВА 1** е проследено историческото развитие на обучителния метод STEM. Възникването му, трансформацията му. Как се разпространява в световен мащаб. Кога достига и българските ширини. Успява ли този метод да се интегрира в нашето образование. Имали приемственост или се модифицира. Направен е обзор, анализ и систематизация на STEM образованието до днес в България и по света.

В **ГЛАВА 2** се разглеждат информационните технологии, комуникационните технологии, интегративни технологии. Показана е тяхната същност, значение и приложимост в образованието днес. Разгледан е ИИ и е направено изследване сред ученици, което да покаже тяхното разбиране за ИИ.

В **ГЛАВА 3** са представени различни учебни работи, като за всеки един е разгледан хардуерно, софтуерно, от гледна точка на технологиите, които предлага, предложени са решения за STEM уроци, изведени са различни алгоритми за решения в процеса на интегрирания урок. Апробирани са повечето STEM решения с ученици и учители. За всеки един са представени тестове или експериментални резултати.

## Цел и задачи на дисертационния труд

Цел на този труд е да покаже как информационните и комуникационните технологии се прилагат в STEM обучението. По конкретно как роботите могат да помогнат в технологичното обучение, включващо информационни технологии, механика, физика, инженерство, математика и др.

За постигане на целта са поставени следните **задачи**:

- Да се проведе критичен анализ на метода за преподаване STEM;
- Да се анализират връзки между метода STEM и технологиите;
- Да се изследват технологии;
- Да се изследват технологиите в STEM образованието;
- Да се представят оригинални решения за работа с конкретни роботи.

Задачите са в подкрепа на **хипотезата**, че ИКТ е полезен инструмент за използване в образованието и обединяващ различни предмети в STEM обучение.

## Апробация на резултатите

Различни части от получените резултати са докладвани на следните форуми, конференции и семинари:

- 4-ти международен докторантски форум с международно участие”, представена презентация за диференциален робот с вериги Cody Rocky – „Labyrinth with Codey Rocky“ /Лабиринт с Codey Rocky - УРОК ПО МАТЕМАТИКА/;
- „12-та международна конференция “TechSys 2023” – инженерство, технологии и системи“ – ТУС, клон Пловдив, представена статия за работа с робот задвижван с едно колело ArtieMax – „Artie Max Robot as a STEM Education Tool Through Integration Technology, Math and English Language“ /Роботът Artie Max като STEM образователен инструмент чрез интеграционни технологии, математика и английски език/
- 13-та международна конференция “TechSys 2024” – инженерство, технологии и системи“ – ТУС, клон Пловдив, представена статия за работа: “AI algorithms for object and gesture recognition with mobile robot XGO-mini 2 dog” /“AI алгоритми за разпознаване на обекти и жестове с мобилен робот XGO-mini 2 dog/;
- 22-ри TECIS 2024 IFAC Конференция за технология, култура и международна стабилност – представена статия: “Students understanding for AI in different educational levels” /Разбиране на учениците за ИИ в различни образователни нива
- Международна конференция Автоматика и информатика 2024 (ICAI'24) – представена статия: „Distributed 3D camera distance measurement system for intelligent mobile robots“ / Разпределена система за измерване на разстояние с 3D камера за интелигентни мобилни роботи/

## Публикации по дисертационната тема

Научни публикации в издания реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни (Web of Science, Scopus).

- Maya Staikova. “Gaining Python Skills Through Interactive Education robot Ozobot EVO”. "14th International Scientific Conference TechSys 2025—Engineering, Technology and Systems", 100, 1, MDPI , Engineering Proceedings, 2025, DOI:doi.org/10.3390/engproc2025100015, <https://www.mdpi.com/2673-4591/100/1/15>
- Nayden Chivarov, Radoslav Vasilev, Maya Staikova, Stefan Chivarov. “Development of an Educational Omnidirectional Mobile Manipulator with Mecanum Wheels”. 14th International Scientific Conference TechSys 2025—Engineering, Technology and Systems, 100, 1, MDPI , Engineering Proceedings, 2025, DOI:doi.org/10.3390/engproc2025100016, <https://www.mdpi.com/2673-4591/100/1/16>
- Staikova, M., Vasilev, R., Chivarov, N. “AI algorithms for object and gesture recognition with mobile robot XGO-mini 2 dog”. Proceeding, 13th International Conference “TechSys 2024” – ENGINEERING, TECHNOLOGIES AND SYSTEMS“, 3274, 1, AIP Publishing, 2025, DOI:doi.org/10.1063/5.0259622, <https://pubs.aip.org/aip/acp/article/3274/1/040003/3338119/AI-algorithms-for-object-and-gesture-recognition>
- Vasilev, R., Chivarov, N., Staikova, M. “Distributed 3D camera distance measurement system for intelligent mobile robots”. Proceeding, International Conference Automatics and Informatics 2024 (ICAI'24), 2025, DOI:10.1109/ICAI63388.2024.10851561, 233-239, <https://ieeexplore.ieee.org/document/10851561>
- Ivanova, V., Chivarov, N., Staikova, M. “Combining Software Algorithms and Machine Learning in Business Data Processing”. 22nd IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability, TECIS 2024, 58, 3, Conference Proceedings, 2024, ISSN:24058963, DOI:10.1016/j.ifacol.2024.07.150, 198-202. SJR (Scopus):0.4, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896324002337>
- Staikova, M., Ivanova, V., Chivarov N. „ARTIEMAX robot AS A STEM education TOOL THROUGH Integration technology, math and English language“. Proceeding, 12th International Conference “TechSys 2023” – ENGINEERING, TECHNOLOGIES AND SYSTEMS“, AIP Conference Proceedings, 2024, ISSN:0094243X, DOI:10.1063/5.0208311, SJR (Scopus):0.189, <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/3078/1/020007/3284708/Artie-max-robot-as-a-STEM-education-tool-through?redirectedFrom=fulltext>
- Staikova, M., Ivanova, V., Chivarov, N. “Students understanding for AI in different educational levels”. 22nd IFAC Conference on Technology, Culture and International Stability, TECIS 2024, 58, 3, Conference Proceedings, 2024, ISSN:24058963, DOI:10.1016/j.ifacol.2024.07.147, 182-186, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896324002301>

- Yovkov S., Chivarov N., Chivarov, S., Staikova, M.. Educational Mobile Robot Equipped with Intelligent Camera Huskylens. Conference Proceedings, 9th International Conference on Control, Decision and Information Technologies, CoDIT 2023, IEEE, 2023, ISBN:979-835031140-2, DOI:10.1109/CoDIT58514.2023.10284418, 2269-2274, <https://ieeexplore.ieee.org/document/10284418>

### Научна публикация в не реферирани списания с научно рецензиране

- Staikova, M., Chivarov, N., Ivanova, V., Chivarov, S. ROBO STEAM - INCLUSIVE TECHNOLOGIES. The volume is dedicated to the International Science Conference "Educational Technologies - 2023", volume 38 (1), Union of scientists in Bulgaria - branch Sliven, 2023, ISSN:1311 2864, 33-40, <https://streamitproject.eu/scientific-articles/scientific-article-robo-steam-inclusive-technologies/>

### Цитирания към Септ. 2025

- Shaohui Du, Zilong Liu, Wenqin Chen, Zhihan Tan, and Jian Chen. 2025. A Study of Remote Updating Techniques for Data from End-side Devices of the Hongmeng Operating System. In Proceedings of the 4th Asia-Pacific Artificial Intelligence and Big Data Forum (AIBDF '24). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 112–119. <https://doi.org/10.1145/3718491.3718512>
- Radoslav Vasilev, Nayden Chivarov, Valentina Ivanova, "Integration of Object Recognition, Color Classification, and QR Decoding for the Purposes of an Intelligent Mobile Robot", *WSEAS TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING*, vol.21, pp.66, 2025. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10851561/citations?tabFilter=papers#citations>

## ГЛАВА 1. STEM ОБУЧЕНИЕ

### 1.1 Произход и зараждане на STEM

#### 1.1.1 Определение

STEM е акроним за научно-техническо образование или образователен подход, който съдържа четири основни дисциплини: наука, технологии, инженерство и математика. Ключов трик тук е, че Наука съдържа в себе си всички класифицирани раздели като Биология, Физика, Химия и т.н.

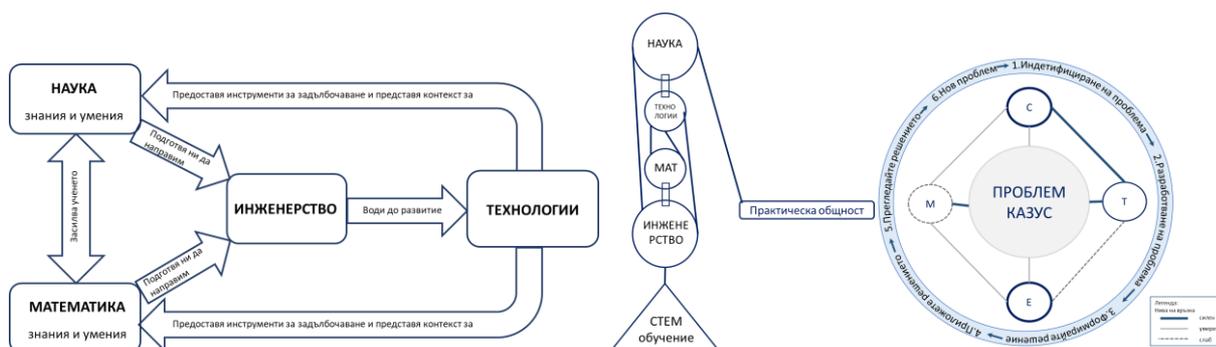
Няма официална дефиниция за STEM, но днес абривиатурата се използва като марка, която описва интегрирането на науката, технологиите, инженерството и математиката в образователните програми. Т.е. учениците имат

за задача да решават проблеми от реалния свят с помощта на всички тези науки заедно. Така се цели стремеж към иновации. [8, 9]

### 1.1.2 Концепция

Концепцията дава отговор на това как да се преодолее „скучното“, не удовлетворяващо представяне на учениците/студентите на стандартизираните изпити по математика и природни науки. [8] Нивото което днес сме достигнали и в България.

STEM може да се визуализира по няколко варианта чрез следните модели посочени на фиг. 1 [8] Модели на предметните взаимоотношения на STEM:



Фиг. 1 Модели на предметните взаимоотношения на STEM

STEM образованието предлага свързване на научното изследване чрез формулиране на въпроси, на които се търсят отговори чрез проучване, за да запознае ученика, преди да се включи в процеса на инженерно проектиране за решаване на проблеми. [16]

При STEM обучението ученикът е в центъра на учебния процес. Насърчава се творчеството и се променя традиционната динамика на преподаване и взаимоотношенията между учител и ученик. Учи се чрез преживяване, експерименти, решаване на проблеми и се търси практическото приложение на развитите умения и придобитите знания. Освен всичко, STEM надгражда традиционното образование, като се фокусира и върху създаването на междупредметни връзки и работата в екип не само между учениците, а и между педагозите.

Целта на STEM образованието е да насърчи учениците да развият критично мислене, проблемно решаване, комуникационни умения и да бъдат подготвени с тези меки умения за реалния живот след навършване на пълнолетие.

Въпреки изясняването на STEM до тук, няма международно приета дефиниция за STEM. Най-често използвани определения са:

- Преподаване и учене между две или повече предметни области на STEM или между STEM училищни предмети. [17, 18, 19]
- Усилие за комбиниране на някои или всички четири дисциплини наука – технологии – инженерство и математика в един час или урок, който се основава на връзки между предметите и проблеми от реалния свят. Моделите на учебни програми по STEM могат да съдържат учебни цели фокусирани върху един предмет, но контекстите идват от други предмети. [20,21]
- Подходът на преподаване на STEM съдържание е на две или повече области, обвързано от STEM практики в реално съдържание с цел

свързване на тези предмети за подобряване на обучението на учениците.(подрастващите). Процесът е необходимо да включва научни изследвания, инженерна дейност, математическо, аналитично мислене и технологична грамотност. [22]

### **1.1.3 Основоположник на STEM концепцията**

Името, което се среща за създател на STEM образованието е Джорджет Якман (Georgette Yakman), която е завършила магистърска степен в Политехническият институт на Вирджиния и интегрираната образователна програма по наука-технологии-инженерство-математика в образователната програма на държавния университет през 2006 г. В по-дълъг период назад във времето се среща името Джудит Рамали (Judith Ramaley), която още през 90те години на миналия век използва съкращението SMET.

### **1.1.4 Развитие във времето на STEM обучението**

Въпреки близкия прочит от 2006 г. могат да се намерят и материали доста по-назад във времето, които свидетелстват за STEM, като закона на Морил от 1862 г., който създава университети за предоставяне на земя за насърчаване на селскостопанската наука. Законът създава и инженерни програми на по-късен етап. В последствие възникват повече институции предоставящи земя и STEM обучението се развива и отвъд образованието и навлиза в работната сила.

## **1.2 STEM образование в световен мащаб – ретроспекция**

Държавите които могат да се наредят на преден план що се отнася до наука и развитието ѝ според ОИСР (OECD) [23, 24]са:

Южна Корея с 32% отбеляза най-големия спад в челната десетка, от 39% през 2002 г., въпреки че страната запазва позицията си начело в списъка на ОИСР.

Германия с 31%, се нарежда на трето място по средно годишно завършили STEM студенти (около 10 000), с което се нарежда след САЩ и Китай.

Швеция има 28% и се нарежда след Норвегия по отношение на използването на компютри на работното място, включително за приложения като програмиране. Повече от три четвърти от активното население използват компютри на работното си място.

Финландия е държавата с най-голям дял на завършили STEM образование - над 30% от завършилите университети са със STEM специалност, а не само STEM обучение.

Франция може да се похвали, че завършилите образованието си изследователи в STEM се наемат от индустрията, а не от университетите или правителството.

Въпреки, че Гърция се нарежда на шесто място разходва само 0.08% от БВП на страната си за научни изследвания през 2013 г., който е един от най-ниските сред развитите страни. Този факт обяснява защо процентът на STEM образованието спада от 28% през 2002 г. на 26% през 2012 година.

Естония заема седма позиция благодарение на жените завършили STEM. Те са с най-висок процент - 41% през 2012 година.

Мексико е успяла да увеличи STEM обучението с 1 % от 24% през 2002 г. до 25% през 2012 г., въпреки че правителството е премахнало данъчните облекчения за инвестициите на бизнеса в научноизследователска и развойна дейност.

Австрия заема деветото място и достига 25% така се нарежда на второ място с най-голям брой докторанти в STEM в трудоспособна възраст, 6.7 на 1000 жени и 9.1 на 1000 мъже.

Португалия също може да се похвали, че 25% от обучаващите се, се дипломират със степен в STEM. Страната е и с най-висок процент докторанти - 72%, които работят в областта на образованието, на фона на всичките изследвани европейски страни.

Канада се нарежда на 12 -то място от 16 държави по процент от завършилите, които са учили в STEM програми с 21,2%. Това е по-висока позиция спрямо САЩ, но по-ниска от Франция, Германия и Австрия.

Друга държава извън ЕС е Индия с общ брой на завършилите STEM образование - 2,6 милиона през 2016 г. Тези специалисти имат изключителен принос за развитието на индийската икономика. Възходящото развитие на икономиката се дължи главно на уменията на специалистите по STEM.

Държавата, която дава много възможности и материали, от където и възниква официално STEM обучението – САЩ, през 2015 г. има 9,0 милиона STEM работници. Около 6,1 % от всички работници са в STEM професии, спрямо 5,5 % през 2010.

Заетостта в STEM професиите нараства много по-бързо от заетостта в не-STEM професиите през последното десетилетие (съответно 24,4 % спрямо 4,0 %), като се за периода 2014-2024 се очаква това нарастване за STEM професиите да е с 8,9 % , в сравнение с 6,4 % растеж за не-STEM професии;

STEM работниците получават по-високи заплати, като печелят с 29 % повече от своите колеги, които не са STEM (данни от 2015 г.);

Почти три четвърти от STEM работниците имат поне висше образование, в сравнение с малко повече от една трета от не-STEM работниците;

Всяка година 2 пъти нараства броя на работните места по STEM в САЩ.

STEM насърчава равенството между половете, малцинствата и др. общности.

### **1.3 STEM образование в България**

През 2014г. се приема документ „Стратегия за ефективно прилагане на информационни и комуникационни технологии в образованието и науката“ на Република България (2014-2020). Основната цел на Стратегията е да осигури равен и гъвкав достъп до образование и научна информация по всяко време и от всяко място - от стационарен компютър, лаптоп, таблет или мобилен телефон. За първи път се създава единна информационна среда, обслужваща училищното образование, висшето образование и науката.

В България се заговори за STEM преди едно десетилетие, още в далечната 2014 неправителствени организации започнаха темата и лека полека прокараха

път до образователната система на България. През 2018 г. България се присъедини като пълноправен член към Европейската STEM коалиция. Това е мрежа от национални STEM платформи и организации, отговорни за изпълнението на националните STEM стратегии. Днес 8 години по късно има национална стратегия за STEM образование, Национален STEM център към Министерство на образованието (МОН), проведен е един цикъл от интегриране на STEM пространства в училища из страната, в ход е изпълнението на втори цикъл, който обхваща всички държавни образователни институции – училища.

Въпреки статистиката и хронологията STEM се случваше в България и по напред във времето, но нямаше име. Още през миналия век така известната Сендовската система създава първите стъпки към модерното днес STEM обучение.

Обучението по системата на Сендов у нас се е реализирало между 1974 г. и 1996 г. "

В основата на Сендовската система е философията, че двигател на образователният процес трябва да са любопитството и познавателната потребност на детето, а не принудата и заплахата от санкция, както и че детето трябва да е активен участник и откривател, а не пасивен слушател. Ученето чрез правене и интердисциплинарният подход, при който се заличават границите между отделните предмети (вместо биология, физика и химия например се е преподавало природа), са други отличителни характеристики на въпросния модел.

STEM обучението също набляга на проектите, експериментите, ученето чрез игра и т.нар. "междупредметни връзки", които показват на учениците, че изучаваното по един учебен предмет може да има приложение навсякъде в живота и е свързано и с другите учебни предмети.

Всички образователни системи в ЕС включват темата за устойчивостта в своите учебни програми. Компетенциите за устойчивост често са включени по интердисциплинарен начин, с междупредметни връзки или чрез проектно-базирано обучение. Устойчивостта е включена в учебните програми като отделен, често избираем предмет само в 6 страни от ЕС (Кипър, Унгария, Румъния, Словения, Испания и Швеция) според доклада на Европейската Комисия (ЕК) за 2024 г.

Трансформативните педагогически подходи са необходими за насърчаване на компетенциите за устойчивост. Такива педагогически са ориентирани към действие, характеризиращи се с елементи като самостоятелно учене, участие и сътрудничество, ориентиране към проблеми, интер- и трансдисциплинарни подходи и свързване на формално, неформално и самостоятелно учене. Трансформативните подходи включват искане към учениците да изследват различни културни перспективи (съобщени от 73,0% от учителите) или различни социални и икономически перспективи (64,1%). По-рядко срещани са по-ориентираните към действие примери за работа в малки групи по различни въпроси (46,5%), ролева игра (20,0%), предлагане от ученици на теми за

последващи уроци (18,4%) или проекти, които включват събиране на информация извън училище, като например интервюта в квартала (13,1%). [26]

## **ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИИ В STEM**

Терминът информационни и комуникационни технологии (ИКТ) е с широко значение, обхващащо всички познати начини и средства за обмен на информация, като радио, телевизия, мобилни телефони, компютърен софтуер и хардуер, сателитни системи и т.н.

Понятието информационни технологии (ИТ) на английски: Information technologies в съвременния си смисъл е използвано за пръв път през 1958 година в статия в Харвард Бизнес Ревю, където авторите Харолд Лийвит и Томас Уислър отбелязват, че „новата технология все още няма определено наименование. [27] Но започваме да я наричаме информационна технология (ИТ).

Информационните и комуникационни технологии действат като интегратор в STEM обучението. Те свързват съдържание от различни дисциплини.

### **2.1 Информационни технологии в STEM образованието**

Информационните технологии са група технологии, предназначени за събиране, обработка, съхранение, обмен, създаване и разпространение на текстово-информационна, графична, звукова, онлайн информация, като се използва за тази цел базирани на микроелектрониката устройства, компютри, принтери, скенери и мобилна и телекомуникационна техника. Информационните технологии обхващат практическото приложение на хардуера и електрониката, и информатиката, както и софтуерните технологии, и в това отношение споделят някои общи черти с инженерните дисциплини. [28, 29]

Съвременното разбиране за ИКТ, които се използват в образованието се отнася за технологични инструменти и ресурси, които се използват за комуникация, създаване, разпространение, съхраняване и управление на информация.

Информатиката произлиза от и е тясно свързана с математиката, лингвистиката, електронното инженерство и други науки.

Технологиите не бива да се свързват само с цифровите медии и новите технологии. Определението за технология е всяко устройство или иновация, създадени да посрещнат човешка нужда или желание.

### **2.2 Комуникационни технологии в STEM образованието**

ИКТ е термин, който се използва за обозначаване на всички компютърни и комуникационни технологии. Т.е. този термин има широко значение, обхваща всички познати начини и средства за обмен на информация, като радио, телевизия, мобилни телефони, компютърен софтуер и хардуер, сателитни системи и т.н., както и различни видове услуги и приложения, свързани с тях, като видео конференции и дистанционно обучение.

Както по горе се спомена през 2014г. в България с приемането на „Стратегия за ефективно прилагане на ИКТ в образованието и науката“ се полага основата на ИКТ в образованието. Развитието на ИКТ в образованието премина в електронно обучение (e-learning), компютърно-базирано обучение (computer-based learning) и обучение, посредством компютър (computer-mediated learning).

По време на здравната епидемия много ясно се разграничиха видовете комуникации и се изпробваха вече създадените ИКТ програми за обучение. В тази връзка могат да се разграничат два вида комуникация – синхронна и асинхронна. На фиг.2 могат да се видят.

Асинхронно	Синхронно
<ul style="list-style-type: none"><li>• E-mail</li><li>• Социални мрежи</li><li>• Мултимеди</li><li>• Уеб базираната платформа за образование</li><li>• Виртуални библиотеки</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Уеб конференция</li><li>• Чат</li><li>• VoIP</li><li>• Аудио подкастове</li><li>• Виртуални светове</li></ul>

Фиг. 2 Асинхронна и синхронна комуникация

## 2.3 Интегративни технологии

### 2.3.1. Роботика

Роботиката попада в много различни области и затова е мултидисциплинарна и се занимава с дизайна, конструирането, управлението и приложението на работи, както и компютърните системи, необходими за техния контрол. Тя обхваща инженерство, електротехника, информатика и други клонове на науката. Роботиката намира приложение в различни сфери, включително промишлеността, медицината, военната техника, космонавтиката и дори в ежедневието на децата.

Думата роботика произлиза от думата робот, която от своя страна е използвана за пръв път от чешкия писател Карел Чапек в пиесата му R.U.R. (на чешки: Rossumovi univerzální roboti), която е изнесена през 1920 г. [32] Думата робот идва от славянската дума „robota“ - работа, труд. Пиесата започва в една фабрика, която прави изкуствени хора, наречени работи – същества, които могат да бъдат объркани с хората – много подобни на съвременната идея за андроиди. Всъщност Карел не измисля думата. Той е написал кратко писмо към етимологията на думата в Oxford English Dictionary, в която той посочва брат си Йозеф Чапек като реален създател на думата. [32]

През 1948 г. Норберт Винер формулира принципите на кибернетиката, практически на базата на роботиката.

Напълно автономни работи се появяват едва през втората половина на 20 век. Първият цифрово управляван и програмируем робот – The Unimate, е инсталиран през 1961 г., за повдигане на горещи парчета метал от машина за леене и натрупване.

Ето защо на прага на Индустрия 5 е необходимо децата от ранна детска възраст да се запознаят с роботиката не само в качеството си на играчка, но и на продукти, с които ще съжителстват, работят ежедневно и ще продължат да развиват. Това е и причината тя да бъде поднесена вече в образователната система чрез STEM обучението.

Роботите съчетават предимствата на компютърната система с вълнението от взаимодействието човек-робот, което вдъхновява въображението на всички ученици, като по този начин насърчават чрез пример предимствата на STEM образованието.

Роботите имат голям потенциал да бъдат използвани като образователен инструмент, те добавят чисто нов цифров капацитет към образователната система. Те могат да се използват като мощна образователна развлекателна платформа - комбинирайки традиционните и иновативни дидактически методи и образователното съдържание по математика, физика, компютри, електроника, машинно инженерство, рисуване, музика и дори изкуствен интелект, с опита на игровото обучение.

### **2.3.2. Изкуствен интелект (ИИ) в STEM**

Изкуственият интелект (ИИ) играе значителна роля в нашия живот днес. Терминът AI е създаден като част от проект и семинари в Дартмутския колеж в средата на 50-те години на миналия век. [36, 37]

Сред възникващите предизвикателства е и отношението на учениците към тези промени. [39] До известна степен учениците като дигитални граждани са в състояние да използват изкуствения интелект, за да подобрят резултатите си в ученето. [38]

В периода от 2010 до 2020 г. фокусът на изкуствения интелект се разделя на три части: представяне на знания, придобиване на знания и извличане на знания. [41, 42] Това беше началото на прилагането на изкуствения интелект в образованието.

#### **Видове изкуствен интелект**

В периода 2010 – 2020 г. бяха идентифицирани някои тенденции в научните изследвания: интернет на нещата (IoT), множествена интелигентност, дълбоко обучение и невронаука, както и оценка на ефекта от изкуствения интелект в образованието.

ИИ започва своето развитие в два сегмента: инструменти на базата на ИИ за класните стаи и използване на ИИ за разбиране, измерване и подобряване на ученето.

Целите на разработването на система, интегрираща изкуствен интелект в образованието, могат да бъдат групирани в четири типа: класификация, съпоставяне, препоръки и дълбоко обучение.

С течение на времето педагозите осигуряват адаптивни подпори за разнообразни учебни среди с различни типове учащи.

В този момент изкуственият интелект може да бъде класифициран като „нисък изкуствен интелект“, „висок изкуствен интелект“ и „супер висок изкуствен интелект“. „Ниският изкуствен интелект“ например са цифрови асистенти като Алекса (Alexa) и Сири (Siri). „Високият изкуствен интелект“ може да решава всяка задача точно като човек, като Бард и чат ДжиПиТи (Bard, chat GPT). „Супер високият изкуствен интелект“ все още не е наличен.

Изкуствен интелект в различните образователни степени

В България има четири образователни степени: начално образование, средно образование, гимназия и университет..

Начално училище. Изкуствения интелект за деца, от проекта „Изкуствен интелект Сингапур“, е насочен изцяло към ученици от началното училище, които трябва да научат основните концепции на ИИ и да използват инструменти и приложения, базирани на него, по етичен начин, Проект „ИИ Сингапур“ [59]

Средното училище. През 2018 г. правителството на Сингапур обяви проекта „AI Singapore“, чиято цел е да развие уменията на учениците в областта на изкуствения интелект. Бяха стартирани и две програми за изследване на изкуствения интелект.

Гимназиален етап. И. Лий и Б. Перет споделят заключенията си относно резултатите за учителите от провеждането на два едноседмични семинара за професионално развитие през лятото на 2021 г. и споделят предложенията за подобрения, направени от учителите. Участниците в програмата за професионално развитие са били учители от средни училища от югозападните и североизточните региони на Съединените щати, които представляват различни дисциплини от областта на STEM: биология, химия, физика, инженерство и математика. [60]

Университет. Студентите в университета били първите потребители на ИИ. Те се научили на програмиране и след това разработили различни приложения или други разновидности на ИИ.

#### ИИ СЕ КЛАСИФИЦИРА ПО ОБРАЗОВАТЕЛНИ НИВА:

Използване на изкуствен интелект в предучилищна възраст се осъществява чрез дейности без използване на компютър за запознаване с роботи или интелигентни агенти като песни.

Използване на ИИ в началното училище се осъществява основно чрез програмиране със Скрач (Scratch) и програмен език Пайтън (Python), възприемане на околната среда с платка Ардуино (Arduino), запознаване с различни роботи.

Използване на ИИ в гимназията се осъществява чрез разбиране на ИИ, запознаване с приложения на ИИ, поставяне на основи на ИИ, история на ИИ, Етика на ИИ, Въведение в невролингвистично програмиране (НЛП), Език на ИИ, Части на речта, Обработка на естествен език, Вектори на думи, Синтактичен анализ, Извличане на информация, Карта на знанията, Решаване на проблеми, Логическо заключение, Разширяване на логическото заключение, Рамка за разпознаване, Обучение на дърво на решения, Търсачки.

Студентите в университетите се занимават основно с програмиране на програмните езици: C#, C++, Java, C, за да изследват възможностите на изкуствения интелект и да го развият допълнително.

За сравнение с вече проведени проучвания и надигащата се вълна на ИИ в България през 2024 година проведех проучване за това какво се разбира под Изкуствен интелект сред подрастващите/учениците.

## МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО В ЧАСТНО УЧИЛИЩЕ

Проведох изследване в частно училище сред ученици на възраст между 6 и 18 години за използването на ИИ в обучението. Общият брой на учениците, участвали в изследването е 130.

Цел: да се разбере: „Какво разбират учениците под изкуствен интелект?“.

Хипотези на изследването:

- Учениците разбират правилно изкуствения интелект и могат да го използват.
- Учениците разбират правилно изкуствения интелект, но не могат да го използват.
- Учениците не разбират какво е изкуствен интелект, но го използват.

Бяха използвани два метода: задача и въпросник.

Участници бяха разделени в 4 възрастови групи:

- Под 1 клас – 6 години;
- 5-7 клас – 11-13 години;
- 1-4 клас – 7 – 10 години;
- 8-12 клас – 14 – 18 години

На фиг. 3 е представено разпределението на броя на учениците според възрастта им.



Фиг 3: Възраст на учениците в процент по етапи



Фиг. 4: Предучилищна и начална училищна възраст

Ученици, които са участвали в проучването, в проценти:

- 5 % предучилищна възраст (6 години);
- 12 % начално училище – 1-4 клас (7 – 10 години);
- 47 % средно училище – 5-7 клас (11 – 13 години);
- 36 % гимназия – 8-12 клас (14 – 18 години)

Деца в предучилищна възраст показаха, че могат да използват технологиите само с помощта на по-възрастен човек. Те нямат правилно разбиране за същността на приложенията. Те все още са в фазата на създаване на собствено виждане за заобикалящия ги свят.

Учениците в началното училище също не разбират добре какво е ИИ. При тези ученици (на възраст 7-10 години) разбирането за ИИ е малко по-подобно. Все пак някои ученици разпознават някои приложения, които вече са използвали или са виждали някой около тях да използва. Те си играят и се забавляват с ChatGPT – 100%. Интересно е, че те са щастливи да използват ChatGPT, защото могат да разговарят с „някого“ – 5%. Резултатът показва, че за тях ChatGPT е нещо забавно, а не нещо, което по някакъв начин „предоставя знания“. Те виждат приятел в „лицето“ на ИИ – 70%. (Фиг. 4)

Експериментът показва, че ако им предоставим правилна информация навреме, учениците могат да разберат и да научат какво е ChatGPT и как да го използват правилно.

На фиг. 5 можем да видим, че 100% от учениците в средното училище вече използват ИИ под формата на различни приложения в ежедневието си или в училище. На фиг. 5 виждаме също, че 10% от учениците са отбелязали ChatGPT като платформата, която техните учители използват за определяне на домашните им задачи, а допълнително 10% отбелязват други приложения и платформи, използвани от техните учители.



Фиг. 5: Разбиране на изкуствения интелект в средното училище

След като използваха ChatGPT за подготовка на домашните си задачи, учениците бяха изненадани, че изкуственият интелект не е толкова добър в това – да работи на български език и да използва кирилица за въпросите и отговорите. Те видяха, че информацията не е напълно точна. ChatGPT може да намира информация, но тази информация е смесена, неточна и в някои случаи подвеждаща.

По-голямата част от съдържанието беше неточно, когато се използваше български език. По-голям успех имаха, когато съдържанието беше на английски език.



Фиг. 6: Гимназиален етап 16 – 16 годишни

На фиг. 6 можем да се види, че 50% от подгрупата на 14-16-годишните са използвали ChatGPT по подходящ начин при подготовката на необходимия проект. 60% са използвали ChatGPT за създаване на презентацията по български език и литература. 30% от учениците са установили, че съдържанието, генерирано от Chat GPT, е неточно. 5% от учениците са прекарвали много време в предоставянето на все повече и повече параметри на Chat GPT, за да получат задоволителни генерирани изображения.

Фигура 7 представя ситуацията със същата „домашна работа“, когато са зададени по-стриктни критерии. Докато учителят дава едни и същи параметри и учениците не могат да правят никакви промени, те получават един и същ резултат. Изкуственият интелект дава 90% еднаква информация/резултат на всички ученици за една и съща задача. Когато учениците проявяват критично мислене и не се доверяват напълно на ChatGPT, получаваме 50% равенство при представянето на проекта.



Фиг. 7: Гимназиален етап 17-18 годишни

Изследването на разбирането на учениците от 6 до 18 годишна възраст за използването на Изкуствения интелект в обучението показва, че учениците на всички нива осъзнават, че ChatGPT не е съвършен изкуствен интелект. Той може да помогне, да даде бърза информация, но не може да изпълни цялостно задача, проект и т.н. В някои случаи може да бъде добър и бърз, но в други случаи може да бъде неточен и да изисква повече време за конфигуриране, отколкото да спести време, което може да бъде недостатък.

### 2.3.3. Edge на устройството и облачни (cloud) технологии

Edge устройство" (на английски: edge device) е термин от областта на изчислителните техники и мрежите. То е периферно изчислително устройство за обработка на данни.

Edge устройството е хардуерно устройство, което:

- Обработка данни на място (в периферията на мрежата)
- Намалява необходимостта от пренос на данни към облака
- Подобрява бързодействието и намалява забавянията
- Често включва изкуствен интелект за локална обработка

Облачните технологии – са технологии, чиято обработка на данни се извършва посредством облачни изчисления.

Видовете на облачни технологии (cloud) са:

- Публичен облак (public cloud)
- Частен облак (private cloud)
- Хибриден облак (hybrid cloud)
- Облачни услуги (cloud services)

Двете технологии имат своите разлики и своите ползи и недостатъци. Edge технологията означава обработка на място. Облачната технология е обработка на данни в център за такива данни. Тя е подходяща за сложни анализи, съхранение на голям обем от данни, мащабни услуги, но тук има забавяне. В таблица 1 представя сравнение между двете технологии, от където видно може да се определи за каква работа коя технология да се използва.

ТАБЛИЦА 1 Ключови критерии на Edge и облачни технологии

Критерий	Периферни изчисления (Edge)	Облачни изчисления (Cloud)
Латентност	Много ниска (обработка на място, в реално време)	Висока (закъснение поради пренос до дата център)
Офлайн работа	Възможна (автономна работа без мрежа)	Невъзможна (зависи от интернет връзка)
Поверителност/GDPR/	Висока (данните се обработват локално)	По-ниска (данните се предават и съхраняват в дата център)
Изчислителна мощ	Ограничена (ресурси на устройството)	Практически неограничена (мащабируема в облака)

ИКТ представлява интерес не само за производството и решаването на практични казуси, но е интересно и за подрастващите, които на етап училищна възраст могат да се запознаят с видовете технологии, как работят, връзка с науки като математика и физика и по този начин ще могат много по-бързо да започнат с научни проучвания и практически решения. Това ще се проследи в следващата глава, където са предложени различни практически задачи и решения с ИКТ, случвайки се през метода STEM. Такива примери са:

- Начален етап: следване на линия, което се изпълнява с Edge технология от робот;
- Прогимназия: управление на робот с жестове, което също е Edge технология;
- Гимназия: разпознаване на обекти и цветове и измерване на разстояние/дълбочина с Edge технология; роботът решава дали да спре/заобиколи/приблужи в реално време.
- Прогимназия и гимназия: измерване на разстояние/дълбочина с Edge технология и Интегриране с Cloud – създаване на класно табло (Dashboard) с история на данните.

## ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА, ИЗСЛЕДВАНЕ И ИНТЕГРИРАНЕ НА УЧЕБНИ РОБОТИ В STEM ОБУЧЕНИЕ

### 3.1. Изследване и разработка на роботизирани STEM решения

#### 3.1.1. Ozobot

На фиг. 8 е представена илюстративна картинка на мини робота за целите на визуализация и възприемане на размера.

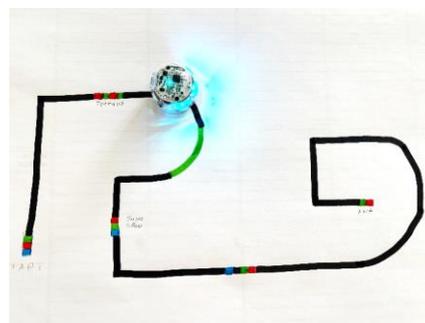
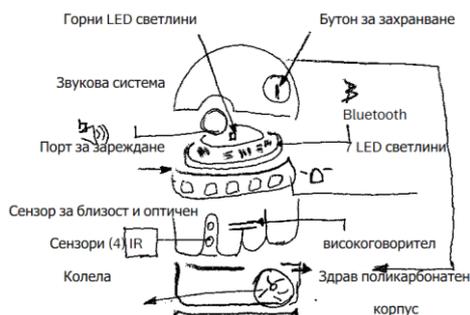


Фиг. 8: Мобилен робот Ozobot Evo



Фиг. 9: Горен изглед на Ozobot EVO

„Както се вижда от фиг.10, размерите на робота са забележително компактни — едва 2,5 см × 2,5 см и имат маса от едва 17 грама. Въпреки миниатюрния си размер, Фигури 8 и 9 предоставят характеристиките и възможностите на Ozobot EVO.“



Фиг. 10: Сензори и портове на Ozobot EVO

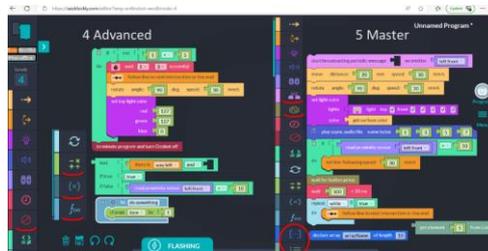
Фиг. 11: Програмиране по цвят с Ozobot

В случай, че няма дигитален интерфейс, роботът използва технология за цветно разпознаване, за да интерпретира цветова информация от нарисувани пътеки, които представляват прости програми, отпечатани с цветен код, разбираем за Ozobot. Примери за такъв цветен код са показани на фиг. 11.

На по-късен етап, когато учениците могат да използват устройства, подобни на компютри, Ozobot им позволява да работят чрез таблет, телефон или компютър. Докато се учат най-малките ученици да четат, те могат да преминат към блоково програмиране. Те ще подреждат предварително създадени команди, но ще могат да ги четат и да разбират какви команди използват. Фиг. 12 и 13 показват интерфейса за блоково програмиране на Ozobot.



Фиг. 12: Блоково програмиране за начинаещи



Фиг. 13: Блоково програмиране за напреднали

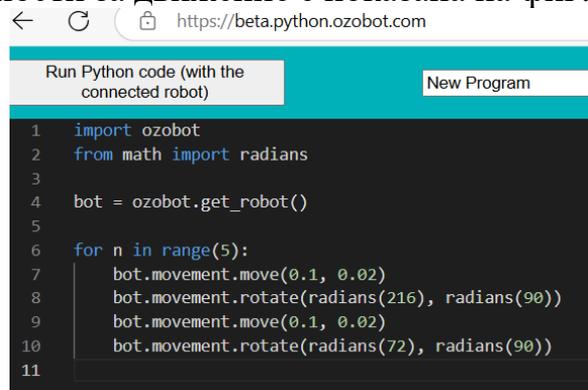
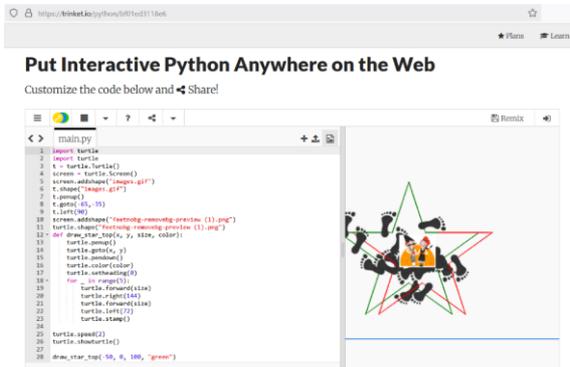
Програмата е разработена на пет степени, вариращи от ниво за начинаещи до майсторско ниво на трудност.

Когато учениците наблюдават реалното изпълнение на програмата в лицето на робота, който се движи или пее, те придобиват по-дълбоко разбиране за това, което създават.

Когато са на 12 до 13 години — учениците могат да преминат към реалния програмен език Python. Тогава им се представят библиотеки, концепции като масиви и други важни теми, които ще усвояват постепенно.

Ето как би изглеждал един урок по Компютърно моделиране и информационни технологии, които включва и робота Ozobot EVO. Урокът е с конкретни фрагменти от Python код, които са съвместими с робота Ozobot, позволяващи изпълнението на програмирани задачи. Един такъв урок включва разработването на алгоритъм за движение, предназначена да възпроизведе движението на тракийско хоро (Бучинско хоро). Необходимият за тази задача програмен код е структуриран алгоритмично, за да създаде звездообразен модел,

каквото се получава от стъпките на хорото. Съответният учебен код е илюстриран на фиг. 14, докато предложената подобрена версия на алгоритъма за изпълнение с Ozobot и неговите възможности за движение е показана на фиг. 15.



Фиг. 14: Код за тракийско хоро в Trinket Python      Фиг. 15: Алгоритъм на тракийско хоро в Ozobot Python

В този контекст, освен физическото движение, изследването на компютърните концепции от страна на ученика може да бъде допълнително обогатено чрез интегриране на музикално програмиране и реализирането на алгоритми за генериране на тракийски хоро – Сворнато хоро (9/8).

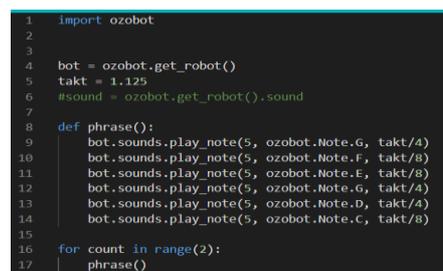
За тази задача е важно да се идентифицират музикалните ноти, съответстващи на хорото, и след това да се кодира тяхното фонетично представяне по систематичен начин. Както е показано на фигура 16, част от тази задача представлява отделен проект, както е илюстрирано на фигура 17 (които е част от часа по музика).

Сворнато хоро (9/8)



Нотис:	До	Ре	Ми	Фа	Сол	Ла	Си	Сол	Фа	Ми	Сол	Ре	До	До	Ми	Фа	Сол
Ноти	C	D	E	F	G	A	B	G	F	E	G	D	C	C	E	F	G
Такт	1/4	1/8	1/8	1/4	1/4	1/8	1/8	1/4	1/8	1/8	1/4	1/4	1/8	1/4	1/8	1/8	3/8
Звук																	

Фиг. 16: Ноти на Сворнато хоро



Фиг. 17: Алгоритъм за музиката на Сворнато хоро (9/8) в Ozobot Python

Като следващ етап от този проект е фазата, която включва комбинация от двата единична проекта или това е създаването на алгоритъм на Ozobot EVO за симулация на поведението на танцуващ робот, който изпълнява звездовидна фигура и едновременно изпълняващ хоров съпровод или това включва програмиране на робота да се движи по звездообразна траектория, като едновременно произвежда аудио изход под формата на мелодия, напомняща тракийски хоро. Съответните фрагменти от алгоритъма, илюстриращи тази функционалност, са представени на фигури 18 и 19.

Освен това, е важно да се използват асинхронни програмни парадигми за този проект. Първоначално предложените реализации използваха синхронни

техники за кодиране; текущата версия изисква използването на асинхронни библиотеки за улесняване на желаните едновременни операции.

```

1 import ozobot
2 import asyncio
3 from math import radians
4
5 bot = ozobot.get_robot(coro = True)
6 movement = bot.movement
7
8 takt = 1.125
9 #sound = ozobot.get_robot().sound
10
11 async def phrase(repeat):
12     for n in range(repeat):
13         await bot.sounds.aplay_note(5, ozobot.Note.G, takt/4)
14         await bot.sounds.aplay_note(5, ozobot.Note.F, takt/8)
15         await bot.sounds.aplay_note(5, ozobot.Note.E, takt/8)

```

Фиг. 18. Алгоритъм на аудио на Сворнато хоро на Ozobot Python

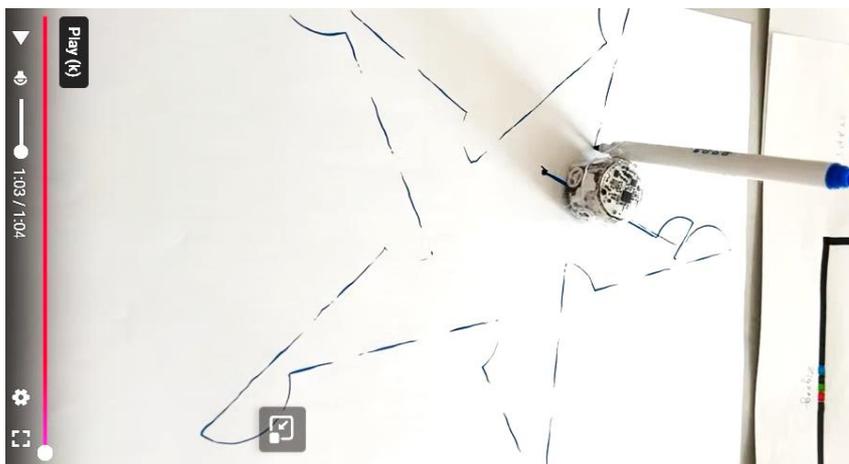
```

39 async def moveLikeAStar(repeat):
40     for n in range(repeat):
41         await movement.move(0.1, 0.02)
42         await movement.arotate(radians(-(180-34)), radians(90))
43         await movement.move(0.1, 0.02)
44         await movement.arotate(radians(72), radians(90))
45
46
47 async def main():
48     res = await asyncio.gather(phrase(9), moveLikeAStar(5))
49
50 asyncio.run(main())
51

```

Фиг. 19: Алгоритъм на аудио на Свърнато хоро (9/8) на Ozobot Python с асинхрон

За илюстриране на звездната форма към робота е прикрепен цветен флумастер, за да се види движението на робота според зададения алгоритъм. Фиг. 20.

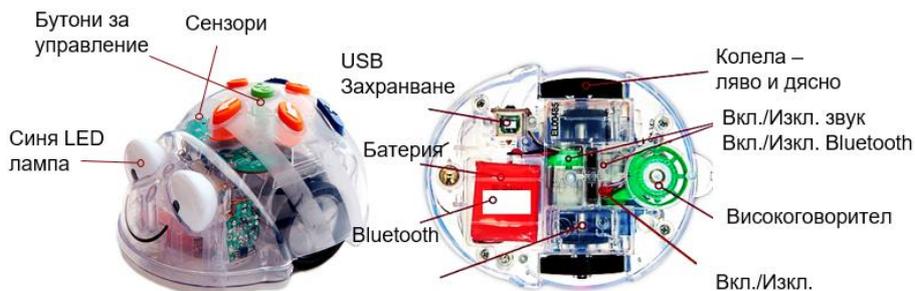


Фиг. 20: Рисуване на стъпките на тракийско хоро с Ozobot EVO

Тази графична презентация може да бъде предварително изчислена, което се дължи на алгоритъм и позволява последващата формулировка на управляващия алгоритъм.

### 3.1.2. BlueBot

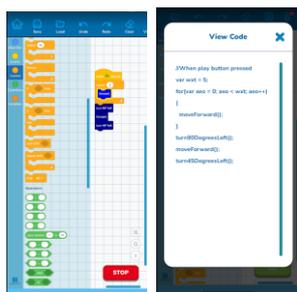
Друг мобилен робот подходящ за образователната система е BlueBot. Фиг. 21. Той е с малко по-големи размери 13 см x 10 см x 7 см. Тежи само 340 гр. Той както и Ozobot е изработен от поликарбонат, което му дава предимството да бъде устойчив във времето. Има презареждаща се батерия, порта за зареждане е USB туре В. Батерията издържа 6 часа за работа, което се вмества в работния или ученическият ден за работа с робота, зарежда се 4 часа.



Фиг. 21: Устройство на BlueBot

Движи се с две колела и се балансира на с алуминиево топче, намиращо се по среда под очите. Инфрочервените сензори могат да комуникират с други роботи от същия тип, има микрофон и високоговорител, което позволява да се

правят и възпроизвеждат записи. LED светлини – това са очите, които премигват или постоянно светят в синьо, използва Bluetooth системата за комуникация с други устройства като телефони(фиг.22), планшети(фиг.23), компютри (фиг.24) или четец (Tactile Reader) фиг.25, предлага съвместимост с Андроид (Android), Уиндоус версия 7+ (Windows 7+) и iOS. Мобилният робот може да се програмира чрез бутони – ръчно, чрез приложения за телефон, таблет, компютър стъпково или блоково (фиг.22).



Фиг. 22: Приложение на BlueBot на телефон



Фиг. 23: Приложение на BlueBot на таблет



Фиг. 24: Приложение на BlueBot на компютър



Фиг.25: Работа с четец Tactile Reader

Работа има и различни приставки, чрез които може да се задава конкретика на задачата. Една от приставките е с опция да се слага и флумастер. Това позволява интегриране на STEM урок с български език. (фиг. 26) Уроците могат да бъдат проведени както с управление с бутони, така и през четца или през компютъра. Разбира се тук идва не само познанията по език, но и математика, изчисляване на разстояния, размери на буквите, вид изписване – печатно например, размери на листа, големина на буквата и т.н. (фиг. 27 и фиг.28)



Фиг.26: Изписване на 3 МАРТ с бутони



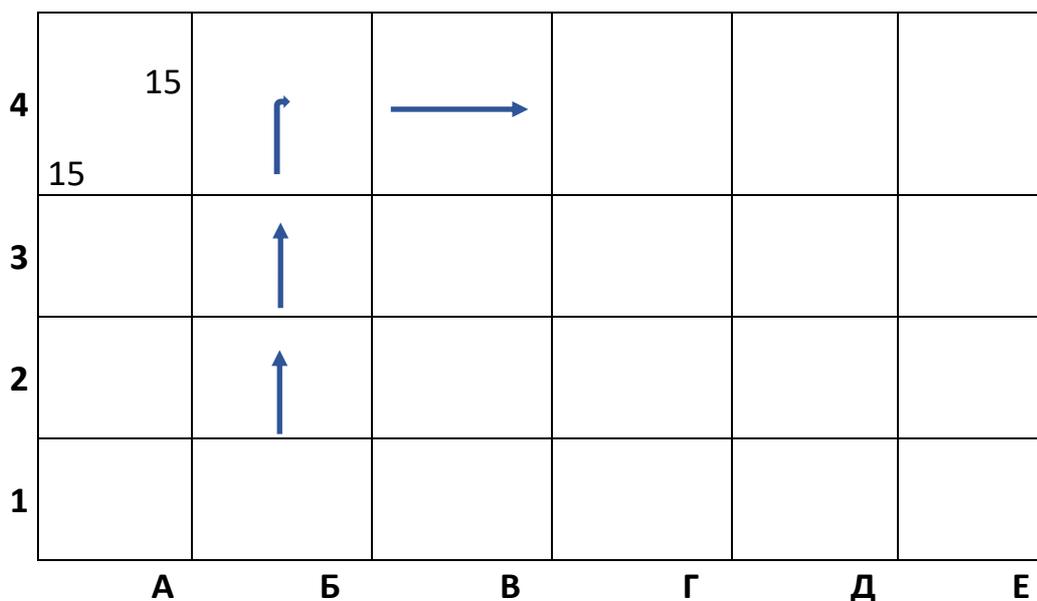
Фиг.27: Изписване на 3 МАРТ с четец



Фиг.28: Изписване на 8 МАРТ

Blue-Vot се движи на стъпки от 15 см, може да се завърта на 90° и запомня до 200 команди. При програмиране чрез приложение или използване на Tactile

четец с допълнителни плочки от команди, можете да се програмира работа да се завърта само на 45° или просто да повтаря зададените алгоритми. В тази връзка е много удобна работата в квадратна мрежа. (фиг.29) Ето защо може да се упражняват различни ходове на работни листове, с попълване на стрелки за дадена посока или да се редят готови картончета с команди. Могат да се изработват табла в квадратни мрежи или да се използват готови такива(килимчета), върху, които да върви робота. На фиг.30 се движи върху прозрачно килимче/табло. На фиг. 24 се вижда таблото във вид на карта, което е качено и в програмата.



Фиг.29: Работен лист – Квадратна мрежа за BlueBot



Фиг.30: BlueBot преминава препятствия



Фиг.31: BlueBot онлайн симулация – Пътят на пеперудата

Освен вече споменатите начини за работа с BlueBot, може да се използва и приложението: <https://bluebot.terrarinlogo.com/>, сайт който представлява онлайн симулация, отново се виждат ходовете на робота, той е поставен на карта, по която може да се изпълни урок в случая за развитието на пеперудата. Фиг. 31.

### 3.1.3. ArtieMax

Следващ робот, с които са проведени експерименти и апробация с ученици и учители, за работа в училище е образователния робот ArtieMax и интегрирането му в учебния процес. Роботът показва в симулационна среда кода.

Роботът показва хардуерни предизвикателства, когато не рисува същия код на хартията, както в симулацията. Много важна част е даването на задачи и търсенето на решения от учениците за тяхното умствено развитие и логическо мислене още от началното училище. Тази цел както вече споменах се постига с помощта на образователния подход STEM обучение.

Хардуерното оборудване на учебния робот ArtirMax, представлява обратен инженеринг, тъй като производителя не е предоставил такава информация.

Роботът е с размери 17,5 x 17 cm. ESP32 (фиг.32) е високоефективен и рентабилен микроконтролер върху чип с двуядрена система с два процесора Xtensa LX6 с харвардска архитектура. Цялата вградена памет, външната памет и периферните устройства са разположени на шината за данни и/или на шината за инструкции на тези процесори. [77]

С някои малки изключения адресното разпределение на двата процесора е симетрично, което означава, че те използват едни и същи адреси за достъп до една и съща памет. Множество периферни устройства в системата могат да осъществяват достъп до вградената памет чрез DMA (Direct Memory Access).

Двата централни процесора са наречени "PRO\_CPU" и "APP\_CPU" (за "протокол" и "приложение"), но за повечето цели двата централни процесора са взаимнозаменяеми. [78, 79]



Фиг.32: Микроконтролер ESP32



Фиг.33: Структура на системата [77]

На фиг. 33 е показана блок-схемата, която илюстрира структурата на системата.

ESP32 може да функционира като напълно самостоятелна система или като подчинено устройство към хост MCU (Micro Controller Unit, Микроконтролерна единица — малък компютърен чип, който се намира в електронни устройства), като намалява натоварването на комуникационния стек на основния приложен процесор. ESP32 може да се свърже с други системи, за да осигури WiFi и Bluetooth функционалност чрез своите SPI/SDIO или I2C/UART интерфейси. Системата стартира с два стъпкови двигателя. (Фиг.34)



Фиг.34: Два стъпкови двигателя



Фиг.35: 4 броя LED очи

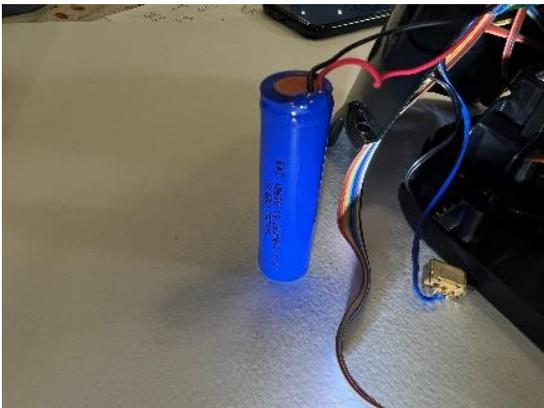
Роботът е оборудван с:

- LED очи Фиг.35.
- Говорител
- Литиево-йонна батерия
- Блок за зареждане на захранването с USB порт
- Платка / ESP32 е двуядрена система/
- Сензори

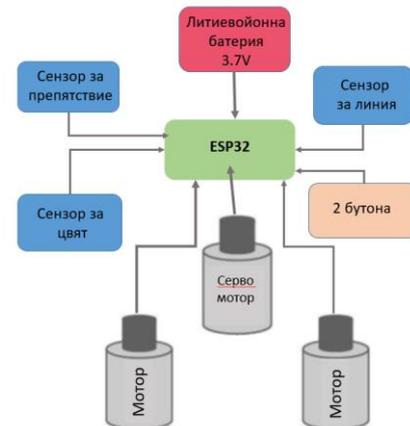
Захранване/Батерия може да се види на фиг. 36:

- Гаранция: 1 година (12 месеца)
- Име на марката: AUK
- Номер на модела: 18650 3.7v 2600mah литиево-йонна батерия
- Тип: Акумулаторна батерия за акумулаторни батерии Li-Ion
- Напрежение: 3,7 V

Живот на батерията: 500 цикъла



Фиг.36: Литиево-йонна батерия



Фиг.37: Схема на системата за управление

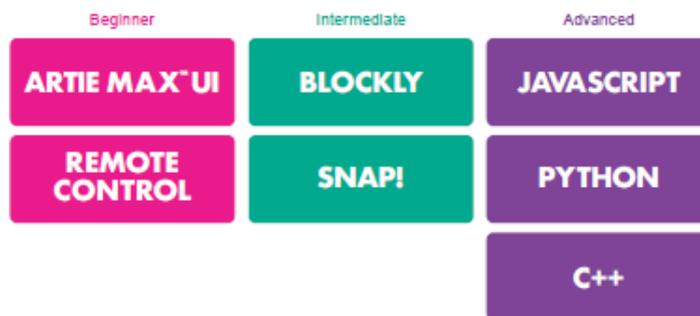
Схема на системата за управление е илюстрирана на фиг. 37, която показва контролерите, драйверите и сензорите на мобилната роботизирана платформа на ArtieMax.

Софтуер на ArtieMax

ArtieMax™ се доставя с 3 маркера (фиг.38), съдържащи миешо се мастило (син, зелен и розов), като продуктът е съвместим с всички маркери с диаметър 8 - 10,5 мм. [78]



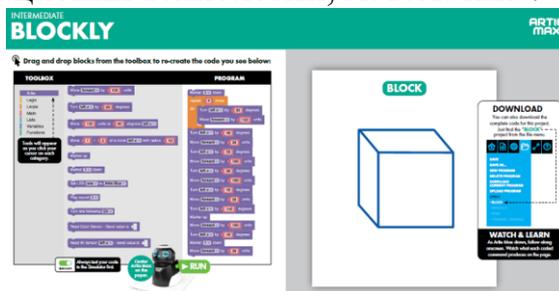
Фиг.38: ArtieMax с три маркера



Фиг.39: Среди за програмиране - дистанционно управление

На фиг. 39 са показани средите за програмиране на робота. След дистанционно управление (remote control) се преминава към блоково програмиране – Blockly, където учениците се запознават с готови команди, научавайки как да ги подреждат, за да направят форма. Фиг.40 (куб) [80][81]

Учениците започват своя път в образованието с изучаване на един език чрез неговото изписване със символи и звуково значение. В допълнение към писането на символите на ръка, може да се проведе и STEM урок чрез писане на буквите от английската азбука с помощта на образователния робот. По този начин се съчетава затвърждаване на знанията, изграждат се междупредметни връзки - език, информационни технологии, математика.



Фиг.40: Кубче (команди, учене как да се подреждат, за да се получи фигура)

В примерния урок ще използвам функция за изписването на думата ЛОНДОН. (LONDON). Това означава, че учениците са изпрограмирали по една буква, запознати са с населеното място, подготвят презентация за дадения град, изчисляват разположението и размера на буквите – интегриран STEM урок.

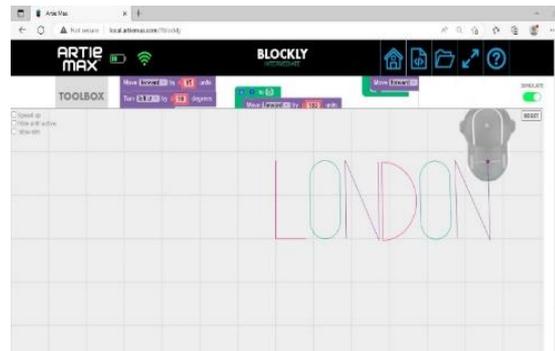
Алгоритъмът (фиг. 41) е първо да се направят буквите и след това да се свържат в думата с помощта на учителя чрез математическа функция. Думата се появява, както е показано на фиг. 41 на симулацията, като предварително са направени размери за съответните разстояния между буквите, така че да могат да се поберат на лист с определена дължина фиг. 43. Кое от гледна точка на STEM е използване на математиката - измерване, мерни единици, разстояние, пространствено виждане. От друга страна се пише с алгоритъм - технологична буква. И същото така това е езиково обучение по английски език.

Думата LONDON на хартията изписана от образователния робот изглежда по следния начин: Фигура 44 - резултати от теста.

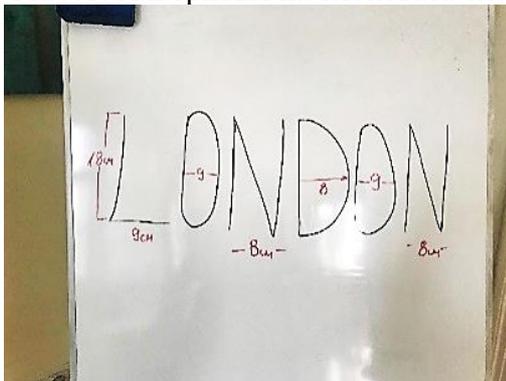
На фиг. 44 се вижда отклонение от реда и изкривяване на буквите след буквата D. В процеса на тестване бяха открити две причини.



Фиг.41: Алгоритъм на блоковата схема



Фиг.42: Симулация



Фиг.43:Разстояние между буквите



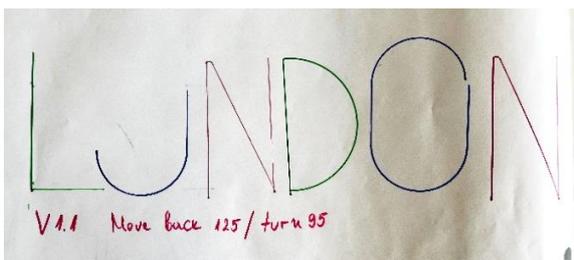
Фиг.44: Резултати от теста

Едната е наклонът на повърхността, в този случай това е неравност на масата. Оказа се, че роботът е много чувствителен и най-малкият наклон му влияе, но това беше установено с няколко теста. Отклоненията се видяха много ясно и при буквата О. (фиг. 45, фиг. 48, фиг. 50)

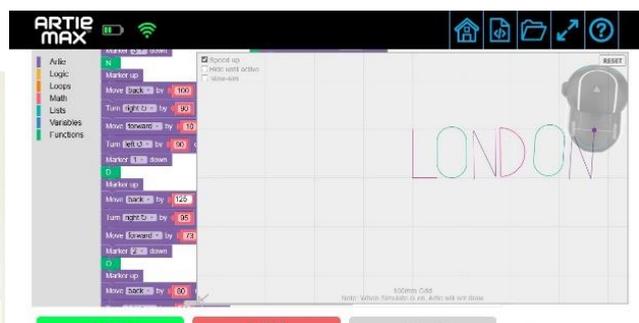
### Проведени тестове

Както се вижда, изкривяването се получава по две причини. Когато едната причина се отстрани или минимизира - наклонът на повърхността, върху която се чертае, идва софтуерното решение. В конкретния случай се вижда, че има разминаване между буквите D и следващото O. Решението за корекция е да се увеличи ъгълът на завъртане на робота или да се увеличи разстоянието между тях, или и двете.

Експериментите показаха, че при коригиране и увеличаване на разстоянието с + 10 мм (1 см) и увеличаване на завъртането (+5°) буквата O се отделя много ясно от буквата D и се разполага правилно. Фиг. 45 и симулацията на фиг. 46, на която буквата O е ясно наклонена към дясната страна, но на хартията буквата е изправена.



Фиг.45: Буквата O се отделя много ясно от буквата D и седи правилно



Фиг.46: Симулацията, на която е ясно наклонена към дясната страна

На експеримента увеличаването на разстоянието с + 5 мм (0,5 см) и увеличаването на завъртането (+5°) показва наклон към дясната страна на

буквата О и съответно подравнената буква N също е завъртяна към дясната страна. Фиг. 47 - симулация и фиг. 48 - резултат. В този случай и на двете места - на симулацията и на хартията - се вижда наклоняване към дясната страна.



Фиг.47: Симулация

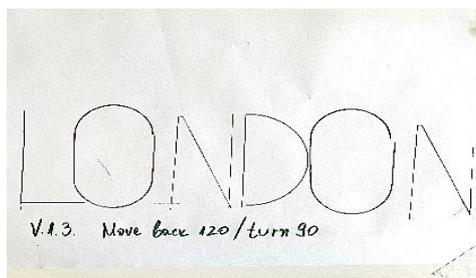


Фиг.48: Резултат

Експериментът при увеличаване на разстоянието с + 5 mm (0,5 cm) и запазване на първоначалното завъртане на 90°. На симулацията надписът изглежда плосък (фиг. 49), но на хартията буквата О е много по-близо до буквата D (фиг. 50).

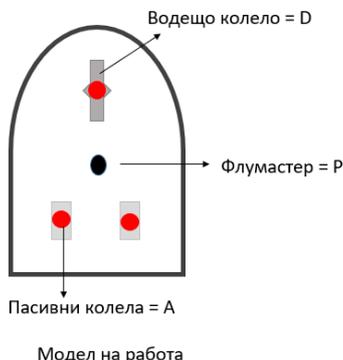


Фиг.49: Експеримент при увеличаване на разстоянието с + 5 mm (0,5 cm) и при запазване на първоначалното завъртане на 90°.

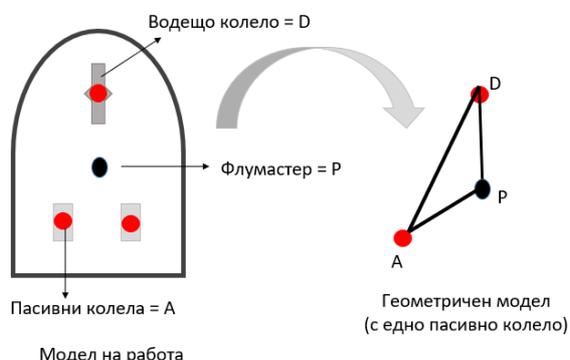


Фиг.50: Буквата О е много по-близо до буквата D

Грешката, която проявяваше робота доведе до извеждане на математическите модели за движение на колелата на робота. ArtieMax е робот с едно задвижващо колело и две пасивни колела. (Фиг.51) За улеснение на визуализацията на траекторията на движението ще използвам геометричен модел на колелата на робота (фиг.52), като използвам само едно от пасивните колела.

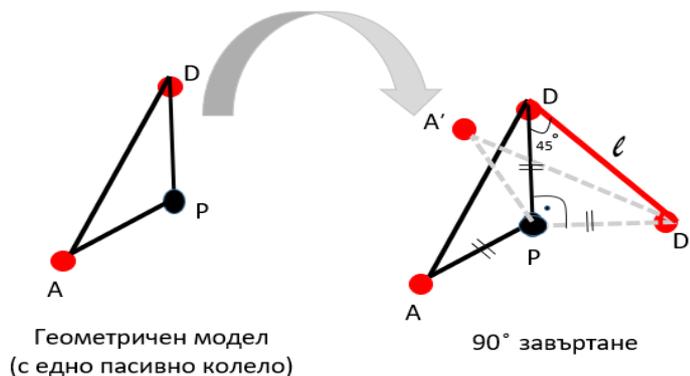


Фиг.51: Модел на робота ArtieMax



Фиг.52: Създаване на геометричен модел с едно пасивно колело

Другото пасивно колело ще се движи заедно с него. (Фиг.53)



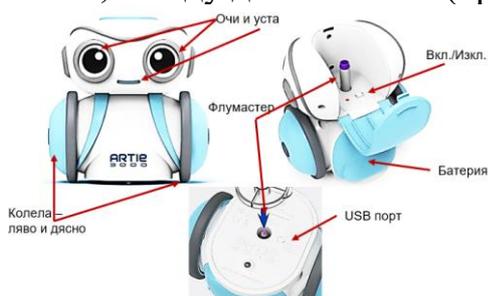
Фиг.53: Модел със завъртане на 90°

$l = DD'$  е дължината на задвижващото колело, когато ни е необходимо завъртане на 90°. Тъй като скоростта на движещото се колело е константа, дължината на движението ( $l$ ) е функция на времето на движение. Т.е.  $l = f(t)$ . Така че ако ъгълът на движение е по-малък от 90°, това означава, че дължината  $l$  е по-малка от необходимото. В този случай трябва да увеличим дължината на движение на подвижното колело и тъй като дължината е функция на времето - трябва да увеличим времето на движение. (Фиг.53)

Въпреки минусите на работа е апробиращия урок с алгоритъм за интегриране на STEM урок включващ английски език, математика, компютърно моделиране и информационни технологии, рисуване, география и история за Лондон(Великобритания) доведе до знания и интерес на учениците, в подкрепа на STEM обучението. Представен е алгоритъм за изписване на дума с математическа функция и алгоритъм за корекция.

### 3.1.4. Artie 3000

Предшественика на ArtieMax е Artie 3000. Размерите са по-малки: 14 x 14 x 15.5 cm, което изисква по малко площ за работа, тежи 449.06 грама, по-стабилен седи, поради факта, че е с две колела. Няма LED светлини. Работи с 4 батерии тип AA. Има и USB порт за връзка с компютър ако се налага преинсталация, актуализация и др. Неговия флумастер се намира през главата и тялото, между двете колела (крака) на робота (фиг.54)



Фиг.54: Artie 3000 устройство

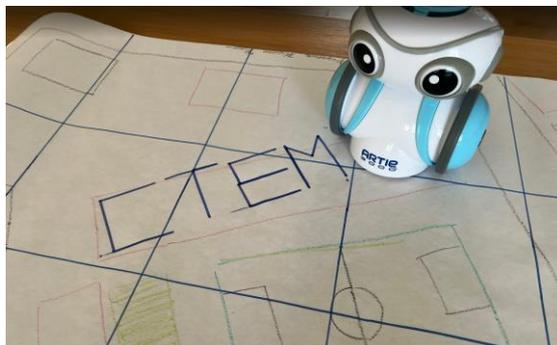
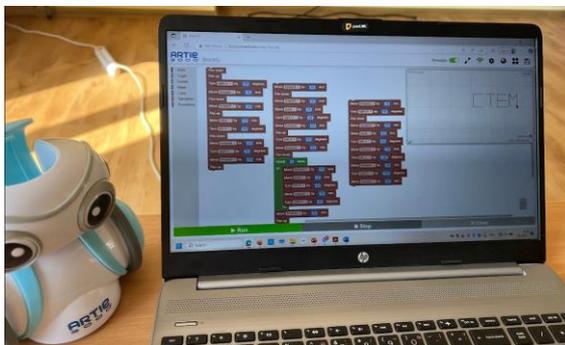


Фиг.55: Среди за програмиране на Artie 3000

Роботът може да се програмира в три степени, всяко от които има по два модула. Начинаещите започват с управление като дистанционно (remote control) или като местят мишката (Point & click) на компютъра върху симулационната мрежа робота ще следва движението и ще нарисува картина. JavaScript и Python са програмни езици за по-големи ученици към 6 – 7 клас. За ученици между 7 и 12 години най-подходящо е блоковото програмиране на Blocky или Snap!. (фиг. 55)

Artie 3000 също дава леки отклонения когато изчертава зададения код, отново в зависимост от повърхността, на която се чертае и от материала, върху

който се чертае/рисува. На фиг. 56 е показан алгоритъм за изчертаване на графичен модел от интегриран и апробиран STEM урок (Приложение 1) по математика, информатика и български език и на фиг.57 е показан резултатът, който е без отклонения.

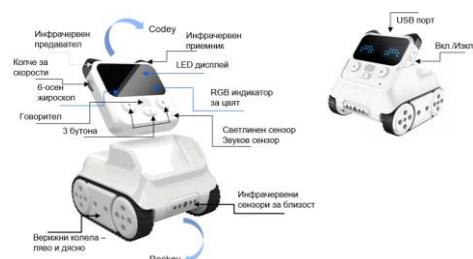


Фиг.56: Алгоритъм за думата „СТЕМ“

Фиг.57: Резултат от изписването на Artie 3000

### 3.1.5. Cody Rocky

Codey Rocky е образователен мобилен робот, който работи с блоково програмиране. Той има и сензори, които могат да се включат в програмирането и чрез тях да се разберат много от заобикалящите ни изобретения, като осветление което се включва при засичане на движение. То се осъществява с помощта на сензори, които са програмирани да засичат движение и след това да изпълняват определени действия. Отключване с чип на врати, алармени системи или различни дистанционни. Следене на цвят или линия също е застъпено в автомобилната индустрия. Въпреки, че има все нови и нови разработки, все още се търсят подобрения или нови решения за движението на автомобилите, сигурността на домовете, улеснения при придвижване на хора или животни. На фиг. 58 е показано устройството на мобилния учебен Codey Rocky. Той се състои от две части, които се разделят – Codey и Rocky. Codey е главата чрез, която се комуникира и с компютъра и се предава кода, който да изпълни. Главата е снабдена с копче за включване и изключване, копче за скорости, три бутона, на които се качват различни команди, има инфрачервен приемник и предавател, цветови индикатор, светлинен и звуков сензор, 6 осен жirosкоп, говорител. Rocky е долната част, на която се намират верижните колела, от ляво и от дясно, отпред между колелата се намира панел с инфрачервени сензори за близост, който може да се завърта към пода и напред, т.е. може да индикира препятствия на пода, за падане, ако има стълби или дупка, или за стена и други които са пред робота.



Фиг.58: Устройство на Codey Rocky

Фиг.59: Codey Rocky с Lego Spike

Фиг.60: Codey Rocky с Lego WeDo 2.0.

Мобилният робот използва ESP32 микроконтролер, DC мотор с редуктор, двудърен процесор Tensilica LX6. Презареждаща се LiPo батерия 3.7V. Размерите му са: 102 × 95.4 × 103 мм (Д × Ш × В), тегло - 295 грама.

Режим на комуникация може да се осъществи чрез USB порт(тип В микро), Bluetooth или Wi-Fi.

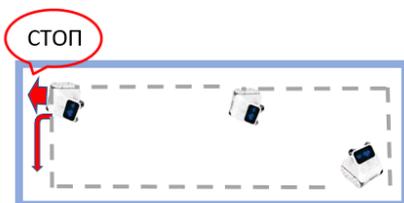
Роботът работи с програмата mBlock, която може да се използва онлайн в браузър, или може да свали на компютъра и да се работи независимо от интернет. Програмата работи блоково по подобие на Scratch, може да бъде и програмирано с Python.

Codey Rocky е съвместимост с LEGO блокчетата за образование – Lego Spike/Lego WeDo 2.0. фиг. 59 фиг. 60

За да се провери дали мобилният робот Codey Rocky е съвместими с учебния процес и къде може да се интегрира като STEM уроци бе проведен урок „Лабиринт с Codey Rocky“.

Цел на изследването е роботът Codey Rocky може ли да бъде използван в учебни часове, за да бъде интегрирана технологията в помощ на учителя. За постигне на тази цел бе създаден урок по математика интегриран с робот и технологии и предприемачество. Създаде се лабиринт през, които роботът да премине по зададена програма използвайки предложените блокове за програмиране и сензори, с които разполага.

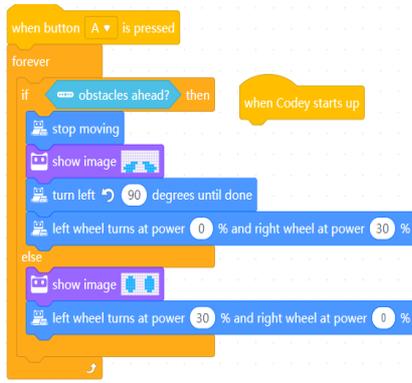
Първата постановка бе учениците да създадат правоъгълен лабиринт от кашони или картон. Размерите на правоъгълника да са минимум 140 см x 60 см. След което да се тества робота дали ще се блъска в стените или ще може да избягва препятствията (стени на правоъгълника), за да продължат със създаване на лабиринт. Фиг. 61



Фиг.61: Правоъгълник за лабиринт



Фиг.62: Алгоритъм за препятствие вариант 1



Фиг.63: Алгоритъм за препятствие вариант 2



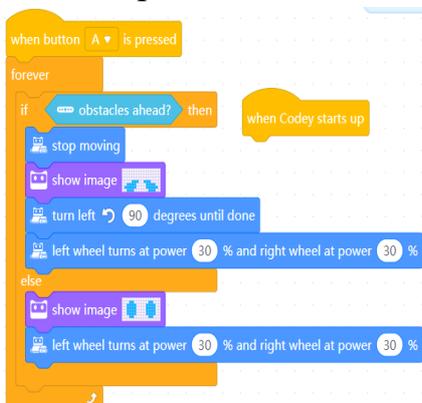
Фиг.64: Диаграмата на алгоритъма

Първата практическа част на урок е – построяване на лабиринт и програмиране на робота да се движи в него, без да се блъска в стените (препятствия) на лабиринта правоъгълник. Практиката показ, че учениците са използвали действия с време и мощност, за да накарат робота да се движи. Но и в двата случая алгоритъмът (фиг. 62 и фиг. 63) беше неуспешен. Робот се блъска

в стените, спира на неправилно място, скоростта не е подходяща. Ако разгледаме диаграмата на алгоритъма фиг. 64, ще видим, че той има възможност да спре, но не може да се стартира отново.

Тук идва възможността да се мотивират учениците да търси други променливи, да търсят други решения, така, че да стигнат до правилното решение. По този начин подрастващите се учат да мислят критично и да търсят решения, да не се страхуват от неуспешните опити.

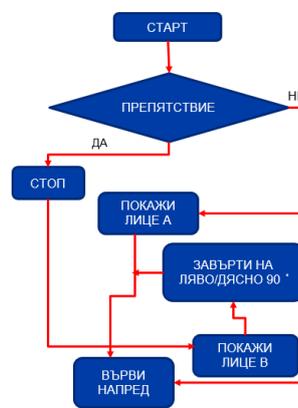
На фиг. 65 и фиг. 66 можем да видим алгоритъм за движение което да избягва препятствия, който стартира, обикаля лабиринта и не докосва стените. Т.е. ако има препятствие робота изпълнява команда да спре и да смени посоката си. Алгоритъма на кода може да се види на фиг. 67.



Фиг.65: Алгоритъм за препятствие вариант 3

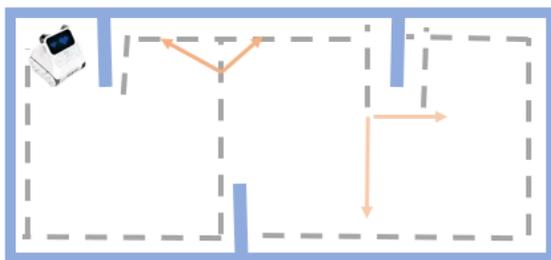


Фиг.66: Алгоритъм за препятствие вариант 4

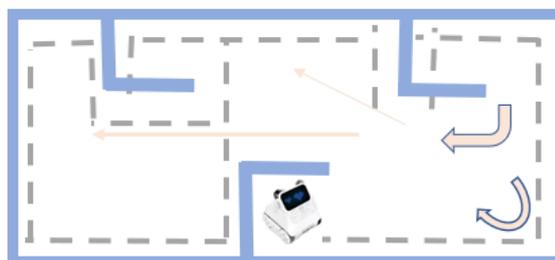


Фиг.67: Диаграма на алгоритъма 1

След като имат вече коректен алгоритъм за движение на робота, се усложни лабиринта като се сложат други стени фиг. 68. На фиг.69 са добавени още стени към предишните, т.е. че се получават ъглови препятствия за Codey Rocky. Експеримента показва, че върви правилно и не се блъска в стени, върти се докато намери опция за движение напред.



Фиг.68: Лабиринт с 3 допълнителни стени



Фиг.69: Лабиринт с 6 допълнителни стени

В един урок можем да комбинираме различни роли за самите ученици, като обучаващи се, като създатели, да презентират, за да покажат или обяснят лабиринта.

От проведения урок съчетаващ математика, технологии и предприемачество, български и литература, физика могат да се направят следните изводи:

- при неуспех на задачата, т.е. не се премине успешно лабиринта учениците ще използва математика и физични закони, които да им

помогнат да променят първоначално зададения код и да изпълнят успешно задачата;

- учениците могат да работят най-малко по двама, максимум 5 деца;
- създаване на лабиринта може да е в различни варианти.
- с наличните възможности не е достатъчно да се премине лабиринта.
- необходимо е промяна на кода, неговото подобрене с помощта на измервания, пресмятания и логическо подреждане на кодовете, така че да се премине лабиринта.

### 3.1.6. XGO-mini 2 Dog

XGO-mini 2 Dog е робот, който може да бъде следващата стъпка след блоково програмиране на Scratch или други подобни програми, като визуална реалност: програмиране (софтуер) или продукт – робот (хардуер).

Роботът XGO-mini 2 Dog е много гъвкав и има корпус от алуминиев сплав. Може да бъде програмиран с помощта на три среди за разработка: Blockly, Python и ROS. XGO-mini 2 Dog предлага възможности за творчество чрез софтуерни предизвикателства и хардуерни ъпгрейди. Тук ще предложат някои упражнения с изкуствен интелект (AI).

Важно е да познаваме хардуера на мобилния робот XGO-mini 2 Dog. Видно от името си това е робот куче. Неговият размер е компактен, като на малко куче. Размерите му са 270 x 150 x 180 мм и 270 x 145 x 170 мм в изправено състояние. Теглото му е 915 г. Роботът XGO-mini 2 Dog разполага с четири крака, оборудвани със смарт серво механизъм 6V, както е показано на фиг. 70. Този вид рулево управление има голям въртящ момент и може да поддържа стабилна позиция при тежки натоварвания.

Мобилният робот разполага с омнидирекционално движение, шест измерен контрол на позицията и множество режими на движение, които могат гъвкаво да реагират на различни сценарии и задачи. Оборудван е с IMU, сензори за положение на ставите и сензори за ток, то осигурява в реално време обратна информация за собствената си ориентация, ъгъл на ставите и въртящ момент, подкрепяйки вътрешните алгоритми и позволявайки допълнително развитие. [90]

Батерията е стандартна 18650 с капацитет 3500mAh и ток 3С. Продуктовата линия POWERPAQ е базирана на цилиндрични клетки във формат 18650 или 21700.

Кучето XGO-mini 2 Dog е оборудвано с роботска ръка и грипер, захващаща част(щипка), както и с вграден модул Raspberry Pi CM4 за приложения за изкуствен интелект (Фиг.70).



Фиг.70: XGO-mini 2 Dog



Фиг.71: XGO-mini 2 Dog – глава на робота

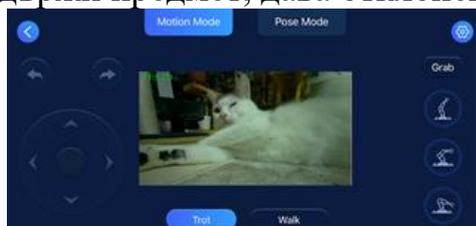
Капацитетът на паметта на „XGO-mini 2 Dog“ е 4 GB, което позволява обработка и съхранение на големи обеми данни. Той разполага също с 4 програмируеми бутона за повече възможности за взаимодействие и контрол. Видеовходният интерфейс Micro HDMI и USB порт тип C позволяват на „XGO-mini 2 Dog“ да се свързва с външни устройства и да пренася данни. [92] (Фиг.71)

Главата на робота представлява монитор (Фиг.71), които съдържа модул XGO-CM4, съдържа Raspberry Pi CM4 с 2 GB RAM и микроконтролер ESP32, която осигурява серво управление за тялото, аудио DAC (Digital-to-Analog Converter) и говорител, слот за SD (Secure Digital) карта, четири бутона и камера. [91] Микроконтролера ESP32 е двудрен система с два процесора Harvard Architecture Xtensa LX6 [92]. Всяка въградена памет, външна памет и периферни устройства са разположени върху шината за данни и/или шината за инструкции на тези процесори.

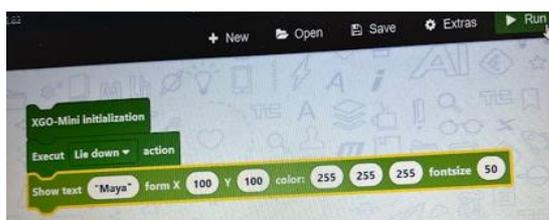
Когато се включи XGO има три опции: Програми, RC и опитай демонстрации. Две от опциите варират от основна транскрипция на реч и разпознаване на ключови думи за команди в раздел „Реч“, до разпознаване на форми и цветове, както и демонстрации на машинно виждане, включващи разпознаване на лица и жестове. Програмите служат повече като шаблонен код за разработчиците, работещи със системата. [92]

Робота използва следните режими: „AgeSex“, „Emotion“, „Recog“, „Pose“, „Обучение“, „QR code“ .

Мобилния учебен куче разпознава обекти, базирано на Yolo. Но в случая на робота куче не е много полезно, тъй като се разсейва от всеки човек, който държи предмет, дава отклонения при сцени с множество обекти.



Фиг.72: XGO Дистанционно управление през телефон



Фиг.73: XGO Блоков код в интегрираната среда за разработка

XGO-mini 2 Dog е може да се управлява самостоятелно с приложението „XGOBOT“. Докато се управлява дистанционно робота, същевременно се получава и изглед от гледната точка на робота чрез камерата (фиг.72).

За основно програмиране има интегрирана среда за разработка, когато се отвори интерфейса в брауъра той позволява да се създават и изпращат кодове директно към робота и да стартира веднага. Средата се зарежда чрез линка „XGO-Blockly“ от сайта на производителите. (Фиг.73) Когато IDE средата се зареди, можете да се използва директно от веб брауъра.

„XGO-Blockly“ е версия на Blockly на Google, която е среда за програмиране, с блокове. Това е генериране на Python код, който можете да се види и редактира ръчно по всяко време. Това е лесен начин за обучение на ученици и създаване на повече примери, които могат да бъдат използвани.

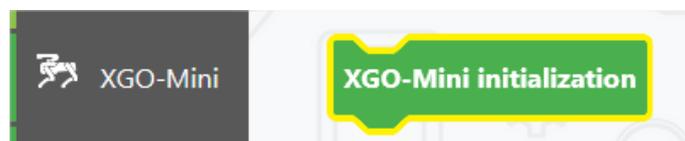
## Проведени тестове с Роботът XGO-Mini 2



Фиг.74: AI примери

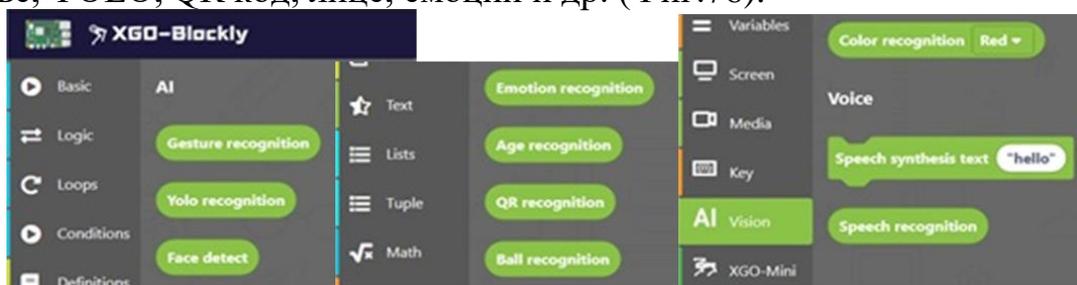
Някои от функциите на изкуствения интелект, готови за използване директно, са показани на фигура 74.

Преди да се продължи с използването на модула за изкуствено зрение (AI Vision), роботът трябва да бъде инициализиран. Това се извършва в уеб средата xgorobot /working/ [96]. Блокът за инициализация на робота е показан на фиг. 75:



Фиг.75: Блок за инициализация

Роботът XGO-Mini 2 разполага с редица възможности, свързани с разпознаване чрез изкуствен интелект, които са достъпни чрез модула AI зрение: жестове, YOLO, QR код, лице, емоции и др. (Фиг.76).



Фиг.76: Модул за визуално разпознаване чрез ИИ

YOLO е алгоритъм за разпознаване на обекти в изображения и видеа. Тестът 1 (фиг. 77) показва бърз код, използващ YOLO.

```
from xgolib import XGO
from xgoedu import XGOEDU
XGO_mini = XGO("xgomini")
XGO_edu = XGOEDU()

def yolo():
    print("YOLO Recognition")
    while True:
        yolo_recognition = XGO_edu.yoloFast()
        if yolo_recognition is not None:
            print(yolo_recognition)
            # Getting the information
            yolo_object = yolo_recognition[0]
            coordinate_point = yolo_recognition[1]

            # Getting the coordinate values
            x_coordinate = coordinate_point[0]
            y_coordinate = coordinate_point[1]

            # Display information
            print("Object:", yolo_object)
            print("Coordination:", coordinate_point)
            print("X:", x_coordinate)
            print("Y:", y_coordinate)
            print()

            if XGO_edu.xgoButton("c"):
                break

yolo()
```

Фиг.77: разпознаване с YOLO модул

Роботът XGO-mini 2 dog може да разпознае определени обекти сред които: куче, котка, крава и др.

Разпознаването на жестове е техника за тълкуване на жестове, които се правят с ръце или други части на тялото, с цел комуникация с компютърна система. Тази технология се използва в различни области като компютърно зрение, интерактивни системи, виртуална реалност, игри и други. Едно от

основните приложения на разпознаването на жестове е в управлението на безконтактни интерфейси, които предлагат естествен начин за взаимодействие с устройства.

Някои основни етапи в разпознаването на жестове включват:

- Предварителна обработка на данните
- Извличане на характеристики
- Обучаване на модела
- Разпознаване на жестове
- Интерпретация и реакция

Тази технология продължава да се развива и да намира нови и иновативни приложения в различни области.

XGO-mini 2 Dog може да разпознае следните жестове (Фиг.78):

[„1“, „2“, „3“, „4“, „5“, „Good“, „Ok“, „Rock“, „Stone“]



Фиг.78: Жестовите, разпознавани от робота куче

Ето някои възможни тълкувания на тези жестове:

„1“ до „5“ – отговаря на жест с един пръст, който може да се използва за означаване на число или за изпълнение на конкретна команда.

„Добре“ (Good) – Този жест може да бъде свързан с положително потвърждение или одобрение. Например, когато потребител направи жеста „Добре“, системата може да го интерпретира като сигнал за потвърждение или одобрение на действие.

„Ok“ – Този жест обикновено се използва за потвърждаване на разбиране или приемане на нещо.

„Рок“ (Rock) – може да се използва за инициране на конкретно действие или за обозначаване на определено състояние.

„Камък“ (Stone) – може да се използва за указване на определена позиция или състояние, което изисква стабилност или неподвижност.



Фиг.79: Пръстово разпознаване

Можем да видим, че изкуственият интелект разпознава броя на пръстите и изписва числото отляво на монитора (Фиг. 79). Въпреки наличието на множество обекти на фона, този тест беше бърз и точен.

Предлагам три алгоритъма за QR кодове за придвижване на мобилния робот куче. Когато му се покаже определен QR код да направи движение в правоъгълник, квадрат или кръг около обекта.

Тест 3 е въведен сорс кода за четене на създадените QR кодове 1, 2 и 3.

```

from xgolib import XGO
from xgoedu import XGOEDU
XGO_mini = XGO("xgomini")
XGO_edu = XGOEDU()

def qr_decode():
    while True:
        # Check if there is a QR code
        qr_recognition = XGO_edu.QRRecognition()
        if qr_recognition:
            # Extract the value from the QR code
            qr_value = qr_recognition[0]
            print("Extracted value from the QR code:", qr_value)

            # Split the value into parts based on the space
            qr_parts = qr_value.split()
            num_parts = len(qr_parts)

            # Check the number of parts and print information accordingly
            if num_parts == 1:
                print("QR part 1:", qr_parts[0])
            elif num_parts == 2:
                part1, part2 = qr_parts
                print("QR part 1:", part1)
                print("QR part 2:", part2)
            elif num_parts == 3:
                part1, part2, part3 = qr_parts
                print("QR part 1:", part1)
                print("QR part 2:", part2)
                print("QR part 3:", part3)
            else:
                print("The QR code has more than 3 parts and cannot be processed.")
            print()
    qr_decode()
    
```

Резултат от програмата при подаден QR код „Circle 450“:

Extracted value from the QR code: Circle 450  
 QR part 1: Circle  
 QR part 2: 450

На фиг. 80 са представени трите QR кода, с които е проведен Тест 4 четене, декодиране на кода и изпълнение на кода.



Фиг.80: QR кодове – кръг, правоъгълник, квадрат

Примерът може да бъде модифициран според нуждите на цялостната програма и да включва различни интерпретации на QR кодовете.

Алгоритъм за движение, базирана на QR кодиране. Функции за движение на робот куче XGO-mini 2 Dog: движение, завъртане, скорост са представени в следващите таблици (таблица 2, таблица 3 и таблица 4):

ТАБЛИЦА 2. Движение (посока, стъпка)

Име на параметъра	Тип	Стойност	Описание
посока	char	'x', 'X', 'y', 'Y'	'x' or 'X' движение напред или назад, 'y' or 'Y' движение на ляво или дясно
стъпка	int	x:[-25,25], y:[-18,18]	Стъпка е напредване, положителното означава движение напред или наляво, а отрицателното означава движение назад или надясно..

ТАБЛИЦА 3. Завъртане (стъпка)

Име на параметъра	Тип	Стойност	Описание
-------------------	-----	----------	----------

стъпка	int	[-150,150]	тъпка е крачка, положителното означава напред или наляво, а отрицателното — назад или надясно. Стъпката представлява скорост на въртене в градуси за секунда, положителна е посоката по часовниковата стрелка, а отрицателна — обратна на часовниковата стрелка.
--------	-----	------------	--

ТАБЛИЦА 4. Режим на темпо (скорост)

Име на параметъра	Тип	Стойност	Описание
режим	char	['normal', 'slow', 'high']	Този параметър представлява честотата на крачките, като "normal" е стандартната скорост на крачките, "low" е бавната скорост, а "high" е бързата скорост.

Интересна задача за изследване на движенията на мобилния робот куче е: На робота се показва QR код, който кодира информация за вида на формата, например квадрат с определен размер в милиметри. След разпознаването на фигурата, роботът куче трябва да изпълни движения, които съответстват на декодираната фигура и нейните размери. Тест 4 е провеждане на задачата на база следните алгоритми в трите различни движения – кръг, правоъгълник и квадрат.

```

from xgolib import XGO
from xgoedu import XGOEDU
XGO_mini = XGO("xgomini")
XGO_edu = XGOEDU()
import math

mode = 'slow' #
['normal','slow','high']
# For a floor where there
is no slippage with the robot
dog's feet, the value of the
coefficient is 1.0
friction_coefficient =
1.0

# *** Movement of the
robot dog of rectangle ***
r_step_x = 25 # x:[-
25,25] robot dog step back and
forth.
r_step_y = 18 # y:[-
18,18] robot dog step left and
right.

# Limit the values of
step
r_step_x = max(-35,
min(35, r_step_x)) # Interval
restriction [-35, +35] for 'x'
r_step_y = max(-18,
min(18, r_step_y)) # Interval
restriction [-18, +18] for 'y'

# The values are
determined according to the

selected step. Increasing the
values decreases the robot dog's
movement time.
r_decreasing_steps_x =
r_step_x * 3.1
r_decreasing_steps_y =
r_step_y * 2.7

r_decreasing_steps_x =
max(1.0, r_decreasing_steps_x) #
Interval restriction [1.0,
decreasing_steps_x]
r_decreasing_steps_y =
max(1.0, r_decreasing_steps_y) #
Interval restriction [1.0,
decreasing_steps_y]

# *** Movement of the
robot dog of circle ***
c_step_x = 18
c_step_y = 18
# How many parts to
divide the circle into
c_number_parts = 40
# Increasing the values
decreases the robot dog's movement
time.
c_decreasing_time = 300

# Checking
the number of parts, displaying
the information and calling a
function

if num_parts
== 1:
print("QR part 1:", qr_parts[0])
elif
num_parts == 2:
part1,
part2 = qr_parts
print("QR part 1:", part1)
print("QR part 2:", part2)

if part1
== 'Circle':
#
Call the function xgo_move_circle
xgo_move_circle(part2)
else:
print("There
is no set functionality for this
QR code.")
print()
print("#####")
print("Battery level: ",
XGO_mini.read_battery())
print("#####")
print("\n<<< Show the
camera a QR code >>>")
qr_decode()

```

Посочените примери могат да бъдат използвани в образователната сфера, но те съдържат както наука, технология, инженерство и математика или тук се вижда, че може да се използва метода STEM образование. В тази връзка XGO-mini 2 Dog, мобилен робот куче е добър инструмент за часовете по STEM.

По отношение на разпознаване на обект с ИИ експеримента бе много труден. Кравата трябва да бъде много близо до камерата, на нивото на главата на кучето, и фокусът е много труден (Фиг. 81 и фиг.82). Изкуственият интелект

разпознава само крави с тяло, глава и бяла с черни петна. ИИ не може да разпознае лицето на кравата или други цветове. Теста е проведен с YOLO модула. Камерата има много ограничена видима зона.



Фиг.81: Тест за разпознаване на крава – 2 успешни от 3 опита



Фиг.82: Разпознаване на крава – три от три теста

По време на експериментите за програмиране в онлайн среда се забелязва някои предизвикателства, като голямо приплъзване на краката по повърхността на пода при функциите за движение — споменати в раздела „Методи, свързани с мобилността“ [97]. Липсва настройка на точно число на стъпките, което затруднява някои експерименти и изследвания.

Робота куче, освен сензори, хардуер предлага и различни технологии включително и ИИ. Но към момента освен частта с управление през устройство и то за възрастова група до 10 години не е апробиран сред ученици в по-горните класове, където ще бъде добър инструмент, съчетаващ знания от различни сфери, за да се подобрят към момента установените слаби места и да се мисли за нови предизвикателства за неговото използване. STEM урока може да съчетава физика, механика, математика, природни науки (изучаване на хабитата), музика, физическо (за движение) и др.

### 3.1.7. Интелигентни мобилни роботи

Едно от основните предизвикателства все още пред интелигентните мобилни роботи е разпознаването на обекти, измерване на разстояния до обекти и определяне на техните физически размери, както и оптимизиране на

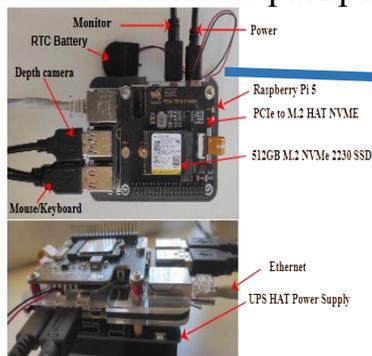
изчислителните ресурси, необходими за изпълнение на тези задачи [115, 116, 117, 118].

Представената разпределителната система е проектирана за анализ на сцени в реално време фокусирайки се върху двумерни обекти в триизмерна среда. По този начин всички разпознати обекти са дефинирани с размери в двумерното пространство (диаметър, ширина, височина). Някои триизмерни обекти са опростени до своите двумерни аналогии.

Хардуерните компоненти включват: микрокомпютърен модул, базиран на Raspberry Pi 5; камера за дълбочина Orbbec Petrel A; рутер и компютърна станция (десктоп или лаптоп) [124, 125]. Софтуерните компоненти обхващат специфични програми, които осигуряват координирано взаимодействие между различните етапи на обработка на информацията в реално време.

Камерата за дълбочина е свързана с Raspberry Pi. Заснетите кадри от камерата се предават чрез кабел или безжично посредством рутера към компютърната станция. Анализът на кадрите се извършва на компютърната станция. Добавена е допълнителната функционалност в програмируемия модел, която изчислява разстоянието до разпознатите обекти и техните физически размери, което позволява по-добър анализ на обектите в триизмерното пространство.

В контекста на мобилен робот системата позволява анализът на триизмерна сцена да се извършва на отдалечен компютър, който разполага с капацитет за обработка на голям обем данни и генериране на резултати в реално време. Блок-схема на разпределената система е показана на Фигура 83.



Фиг.84: Микрокомпютърен модул, базиран на Raspberry Pi 5

#### Хардуерно осигуряване

Микрокомпютърен модул, базиран на Raspberry Pi 5, към модула са свързани мишка, клавиатура, Ethernet кабел и RTC батерия.

Задачите на микрокомпютърния модул са следните:

- Да чете кадри от камерата, да ги обработва в удобна форма и да ги изпраща към компютърната станция за последваща обработка и анализ.
- Да осигури комуникация с компютърната станция чрез изпращане и получаване на информация. Тази комуникация се осъществява посредством рутер.



Фиг.83: Блокова схема на разпределената система за анализ и управление

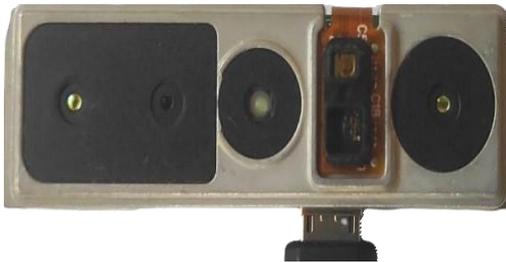
- Да предава и получава информация към и от програма, отговорна за управлението на мобилния робот, обозначена на фигура 83 като „С++ програма за управление на робот“.

Фиг. 84. Микрокомпютерен модул, базиран на Raspberry Pi 5.

Дълбочинната камера измерва разстоянието до точки в пространството. В настоящото изследване и експерименти беше използвана камера Petrel A на Orbbec [119] (фигура 85).

Камерата заснема RGB и дълбочинни изображения. Получените изображения от камерата се приемат от програма, реализирана на Raspberry Pi 5, и след това се изпращат към отдалечена компютърна станция.

Специализирана програма, която функционира на компютърната станция и е обозначена като „С++ програмна модел“ на фигура 83



Фиг.85: Камера Petrel A, Orbbec.



Фиг.86: Добавена е възможност за избор при работа

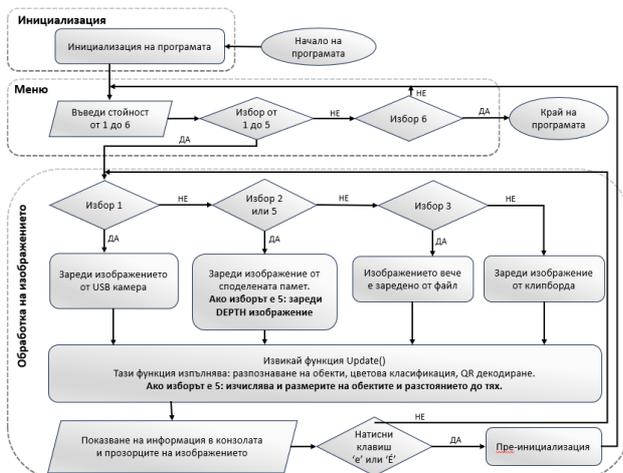
#### с RGB и дълбочинни изображения

Тази програма обединява следните възможности:

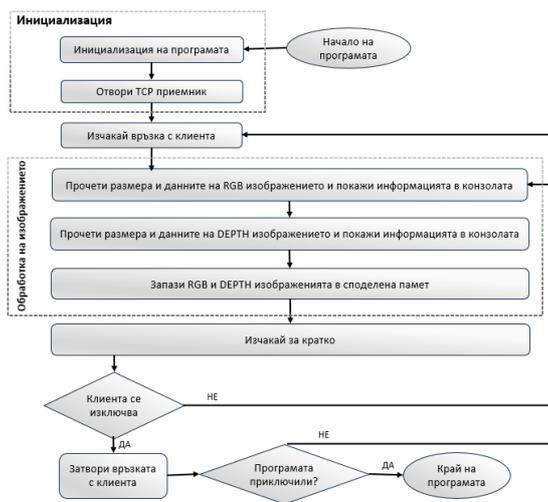
- Разпознаване на различни типове обекти (форми);
- Класификация по цвят на разпознатите обекти;
- Декодиране на QR кодове на обекти, ако те съдържат маркирани кодове.

Тези нови функционалности се реализират чрез добавяне на опция 5 към програмното меню, както е показано на Фигура 4.

Избор 5 използва програмен подход за споделяне на памет [122]. С този подход се извличат две изображения от общата памет: първото е RGB изображението, а второто — изображението с дълбочина (DEPTH). За целта е разработена сървърна програма, която функционира на страната на компютърната станция. Тази програма получава RGB и DEPTH изображения от клиента (микрокомпютърния модул, базиран на Raspberry Pi 5) и ги записва в споделената област, от която моделът на програмата може да ги извлича за обработка и анализ. Добавеният код към моделната програма изчислява физическите размери на разпознатите обекти и разстоянието от камерата до тях, базирайки се на полученото изображение с дълбочина. Фигура 87 илюстрира блок-схема на основния цикъл.



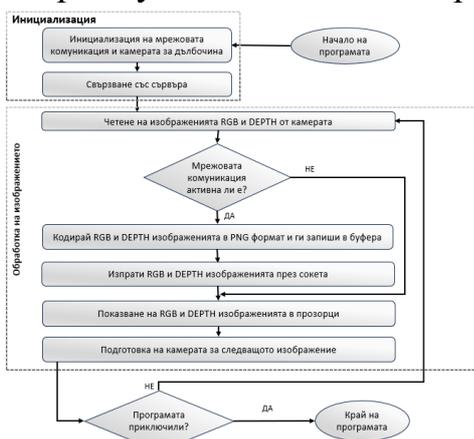
Фиг.87: Блок-схема на модела на програмата за анализ на изображението



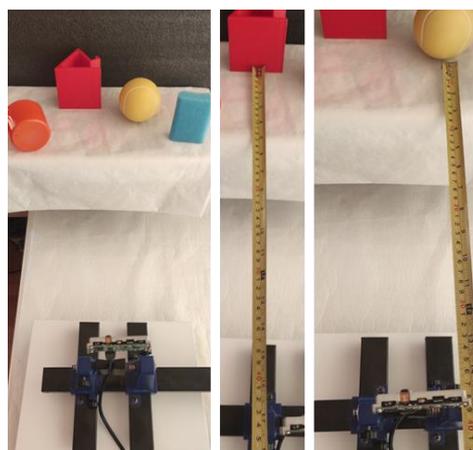
Фиг.88: Блокова диаграма на сървърната програма

Сървърната програма се зарежда от компютърната станция и използва библиотеката Boost.Asio за асинхронна мрежова комуникация и OpenCV за обработка на изображения. Тя е конфигурирана като сървър, който изчаква входящи връзки от клиент. Програмата използва приемник, който слуша за входящи връзки на определен порт. Когато получи входящ TCP връзка, програмата приема RGB и дълбочинни изображения от клиента, декодира ги и след това ги показва или записва в споделената памет. Фигури 83 и 88 показват функционалността на клиентската програма.

Клиентската програма работи на микрокомпютърния модул, базиран на Raspberry Pi 5. Блокова диаграма на програмата е показана на фигура 89.



Фиг.89: Блокова диаграма на клиентската програма



Фиг.90: Експерименталният модел – обекти и камера

RGB и дълбочинните изображения се съгласуват чрез „Software Depth-to-Color Alignment“ преди да бъдат изпратени към компютърната станция.

### Експеримент 1

Представеният на фигура 90 експериментален модел включва няколко обекта. Разстоянията до обектите е приблизително 40 см. Основната цел на проведените експерименти е да се потвърдят възможностите на системата за разпознаване на обекти.

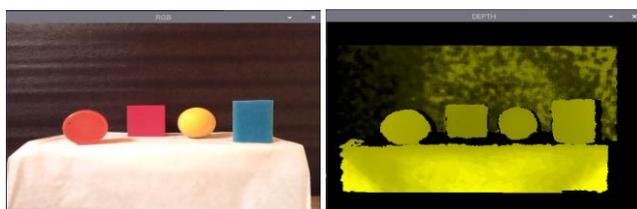
Таблица 5 описва реалните цветове и размери на обектите.

Таблица 5. Реални цветове и размери на обектите от модела.

Обект	Цвят на обекта	Размер на обекта	Разстояние от камерата
Кръг	Оранжево	Диаметър: 63 мм	33.0 см.
Квадрат	Червено	Страна: 75 мм / 75 мм	43.0 см.
Кръг	Жълто	Диаметър: 70 мм	38.0 см.
Правоъгълник	Синьо	Страна: 57 мм / 80 мм	34.0 см.

Експеримент 2 - Клиентска страна – микрокомпютърен модул, базиран на Raspberry Pi 5

Когато програмата стартира, се заснемат изображения от камерата. Фигура 91 илюстрира RGB и ДЪБОЧИННИ изображения на експерименталния модел.



Фиг.91: RGB и изображения с дълбочина на експерименталния модел



Фиг.92: RGB и изображения с дълбочина, наложени и подравнени изображения

Фигура 92 показва композиционно изображение, което представлява смес от RGB и изображения с дълбочина.

Клиентската страна изпраща RGB и изображения с дълбочина към сървъра. Фигура 93 илюстрира размера на кодираните изображения във формат .png, както и минималните и максималните стойности на измерените разстояния за точките в пространството (пикселите). Максималната стойност е 533 мм (53,3 см), което съответства на реалните размери на експерименталния модел.

```

Sending RGB image size: 285788 bytes
Sending RGB image.

Sending DEPTH image size: 48054 bytes
Sending DEPTH image.
Depth image min value: 0, max value: 533
    
```

Фиг.93: Информация за RGB и изображения с дълбочина, предоставени от клиента.

```

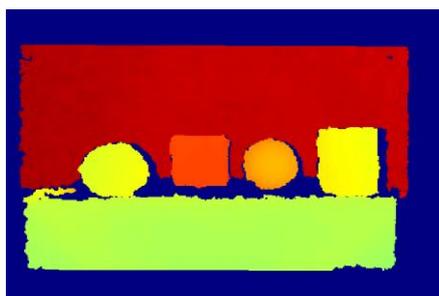
Waiting for connection...
Connection established
Received RGB image size: 285788 bytes
Received RGB image.
Received DEPTH image size: 48054 bytes
Received DEPTH image.
Depth image min value: 0, max value: 533
    
```

Фиг.94: Информация за RGB и изображенията с дълбочина, получени от сървъра

Експеримент 3 - Страница на сървъра – компютърна станция

Получените от сървъра RGB и DEPTH изображения съответстват на тези, показани на фигура 91. Сървърът получава тези изображения и извежда информация за тях в конзолата. Фигура 94 илюстрира, че изображенията, изпратени от клиента, са успешно получени от сървъра и техният размер съвпада с този на изпратените изображения (фигура 93).

Фигура 95 представя изображение на дълбочина, получено от сървъра.



Фиг.95: Нормализирано изображение на дълбочината в цветен формат

```
Average time to receive both images (RGB + DEPTH) from the client: 59 ms
Average time to receive both images (RGB + DEPTH) from the client: 59 ms
Average time to receive both images (RGB + DEPTH) from the client: 59 ms
Average time to receive both images (RGB + DEPTH) from the client: 59 ms
Average time to receive both images (RGB + DEPTH) from the client: 58 ms
Average time to receive both images (RGB + DEPTH) from the client: 59 ms
Average time to receive both images (RGB + DEPTH) from the client: 59 ms
Average time to receive both images (RGB + DEPTH) from the client: 59 ms
Average time to receive both images (RGB + DEPTH) from the client: 59 ms
Average time to receive both images (RGB + DEPTH) from the client: 58 ms
```

Фиг.96: Средно време за получаване на илюстрации и от двамата клиента

При наличие на динамични обекти в наблюдаваната среда, забавената комуникация може да доведе до загуба на важна информация относно позицията и движението на обектите в околната среда. При резолюция 640x480 пиксела, средното време за получаване и на двете изображения (RGB и ДЪБОЧИНА), изпратени от клиента, е приблизително 60 мс (Фигура 96).

При движещи се обекти, скоростта на обработка на изображението е от решаващо значение за успешното функциониране на системата, тъй като всяко забавяне в цикъла може да доведе до забавяне в реакцията на робота и до намалена ефективност при проследяване на движещи се цели. При резолюция 640x480, програмата за анализ на сцената изпълнява цикъл на обработка за приблизително 20 милисекунди. Този анализ включва разпознаване на обекта, определяне на неговия цвят, измерване на разстоянието до обекта и неговите двумерни размери.

С този робот и подобренията извършени в хардуерната част е разработен нов модел за измерване на разстояние чрез което се показва как той обхваща всички компоненти на ИТ, КТ, КФС, ИИ, Cloud и е приложим за STEM обучение, съчетаващо език, технологии, информатика, математика, физика и прилага много меки умения необходими на всеки един за увеличаване на технологичността и стабилността на обществото.

С представения робот предстоят апробации сред ученици и учители.

### 3.1.8. Други мобилни образователни работи

Екип от изследователи разработиха автономен мобилен робот Tele-ROVCO и необходимия софтуер за осигуряване на виртуални присъствени посещения на музеи.

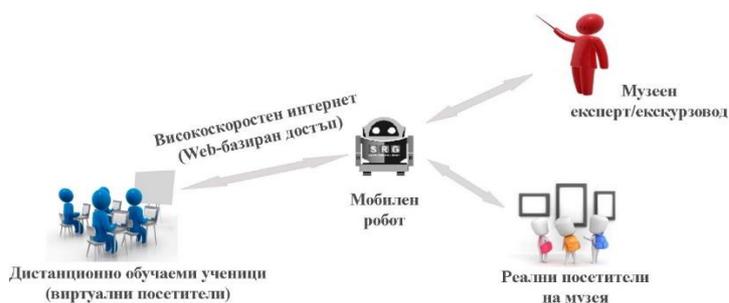
Това е ниско бюджетен автономен мобилен робот, състоящ се от платформа за мобилни работи от диференциален тип, компютър и контролери, електродвигваща система, включваща две 12V LiFePo батерии и станция за презареждане и сензорна система, включваща: инфрачервен, ултразвук, лазерен скенер, 3D сензор - "Real Sense" и интегриран акселерометър, жirosкоп и инерционен сензор (фиг. 97)

Една от функционалностите на робота е режим на телеприсъствие в училищен клас (фиг. 98). Обиколка с екскурзовод „Телепосещение“ на музея–Роботът ще си сътрудничи с експерта по обиколката на музея - гид и ще

предостави аватар на посещаващия клас (ученици), като следва тематичната презентация на музейния експерт. Пред всеки експонат експертният водач провежда беседа, изготвена и дидактически съобразена с учебната програма по предмета.



Фиг.97: TELE-ROBKO



Фиг.98: Телеприсъствие в училищен клас

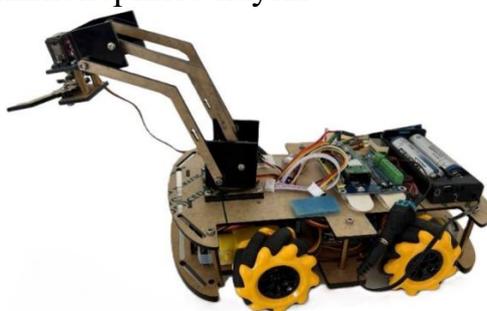
:

Апробирания час показва междупредметна връзка и развитието на ИКТ с история, география, български език, техническата част обхваща математика, механика и др., в потвърждение на STEM обучението.

Друг робот все още в разработка е учебен манипулатор

Разработва се мобилен робот манипулатор за образователната система: мобилен робот - манипулатор, който използва Raspberry Pi Pico W и се програмира на Python. Той се създава с цел да обогати STEM образованието, като предоставя интерактивна среда за изучаване на роботиката хардуерно и софтуерно, т.е. изучаване на сензорна интеграция и програмиране. Роботът е построен върху стандартно шаси, оборудван с меканом колела и робо ръка(грипер), която се управлява от серво мотори. Този робот може да се програмира в среда на Python, предлага управление както на шасито, така и на грипера чрез уеб интерфейс, достъпен чрез Wi-Fi хотспота на робота. фиг. 99.

Този робот е насочен за гимназиален етап и се апробират по специфични уроци интегриращи език, математика, физика, механика, ИТ, КТ, ИИ и др., с цел обучение на специалисти в инженерните науки.



Фиг.99: Образователен манипулатор

## ИЗВОДИ

Използване на ИКТ в началното училище: Основно програмиране с Scratch и Python, възприемане на околната среда с Arduino, запознаване с различни роботи.

Използване на ИКТ в средното училище: Въведение в ИИ, възприятия за ИИ, използване на много сензори, решаване на проблеми чрез данни и алгоритми. Лаборатория по ИИ (например робот, разпознаване на лица и глас). Python (основно програмиране и приложение).

Българските педагози трябва да работят с инженери по изкуствен интелект, за да преодолеят разликите между техниката и педагогиката.

Учениците разбират, че ChatGPT може да изпълнява някои задачи без човешка намеса.

Нуждаем се от дидактика за това как да създаваме подходящи задачи и проблеми за решаване, така че това знание да може да се използва по подходящ начин при изпълнението на задачите.

Основната цел на изкуствения интелект е да превърне учителя от източник на информация в ментор, който насочва учениците към знания в определена област.

Децата имаха възможност да изследват и обсъждат дейностите по двойки или в малки групи. Говорим за работа в екип.

Проведеното проучване за разбирането на изкуствения интелект в България поставя основите за много бъдещи проучвания в по-широка група – включително ученици от повече и различни училища – частни и държавни. Това проучване ще бъде използвано като основа за бъдещи проучвания за това как и кога образованието в областта на STEM и изкуствения интелект може да бъде интегрирано в учебната програма на учениците.

Апробацията с учители също показва приемственост и отваряне към метода, макар и по-плахо. Но би било по-забавно образование и би било полезен начин на преподаване.

Ozobot EVO използвайки RGB технология за четене на цветове, като ги улавя, блоково програмиране и програмира на Python 3 изпълнява задачи с поставени параметри, измерими за разстояния, време и др., постига зададени целите и се интегрира с различни предмети. В апробирания пример в седми клас, учениците преминаха през български език, история, спорт, музика, информационни технологии, математика, технологии и предприемачество, за да достигнат до крайния резултат да бъде представен работа в роля на момиче/момче в носия, което играе народни танци и пее народна песен.

Робота е изключително здрав, компактен и рентабилен за използване в STEM уроци в начален етап или детски градини. BlueBot разполага с технологията Bluetooth, интерфейс и Edge. Апробирани са множество уроци с ученици 6 – 10 годишна възраст и с учители, които разбират технологиите,

виждат връзката в различни уроци, език (български и чужд), математика, рисуване, компютърно моделиране, родинознание, околен свят, технологии и предприемачество, музика.

Образователният робот ArtiMax има потенциал за работа с ученици. Дори несъвършенствата му го правят още по-удобен за работа. Правейки нови предизвикателства за учениците. Те трябва да намерят някои нови решения, което ще създаде интерес и любопитство в учениците.

XGO-mini 2 Dog – робота куче дава добри възможности за целите на образованието в областите на изучаване на софтуер, хардуер и изкуствен интелект. Тъй като в образованието се търси и мотивационния и забавния елемент кучето отговаря и на двата.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящия дисертационния труд предлага разработени STEM методики и разработени алгоритми за различни учебни работи.

Разгледани са хардуерни и софтуерни възможности на всеки един робот.

Направените тестове са подбрани така, че да изследват възможностите на роботите и да предоставят информация за тяхната работа. Да бъдат апробирани дали са подходящи за ученици и за какви възрастови групи.

На база технически възможности на роботите са представени STEM уроци, всички те са апробирани в реална среда с ученици между 6 – 18 г. и учители.

ИКТ могат с лекота да се интегрират в образованието и да предложат STEM обучение и подготовка на едно стабилно общество което да достигне високи стандарти и икономически подем.

## ПРИНОСИ

Приноси: Научни; Научно-приложни и Приложни:

- Разработен алгоритъм за Ozobot EVO за придвижване на робота по траектория във форма на звезда, без пресичане на линии и алгоритъм за изпълнение на ритми от българския фолклор.
- Разработен алгоритъм за мобилен робот XGO mini 2 Dog за движение на робота в кръг, правоъгълник и квадрат около зададен обект и зададени параметри.
- „Ре-инженеринг“ на хардуерната част на мобилен робот ArtieMax.
- Разработен алгоритъм за робот ArtieMax за интегриран STEM урок по технологии, математика и английски език.
- Разработен алгоритъм за изписване на конкретна дума с робота ArtieMax, чрез математическа функция. Представен е и алгоритъм за корекция при неправилно изписване на думата.
- Разработен нов модел за измерване на разстоянието до обекти, използващ 3D камера. Чрез интеграция на нови хардуерни и софтуерни компоненти, системата добавя нови функционалности към предложената програма, свързани с анализ в триизмерно пространство. Система разпределя сложните изчисления и ресурсните изисквания между различните компоненти, което може да доведе до оптимизация и по-ефективен автономен контрол в реално време на мобилния робот.
- Изследвана е качествена и количествена оценка на разбирането на учениците от 6 до 18 годишна възраст за използването на Изкуствения интелект в обучението.
- Разработен алгоритъм за верижен робот Codey Rocky за движение което да избягва препятствия с цел интегриране в STEM урок по математика.
- Разработен алгоритъм за робот Artie 3000 за изчертаване на различни графични модели.
- Разработен иновативен урок по история на базата на платформата streamit, позволяващ дистанционно посещение на музей, чрез роботизиран гид “Robco” (<https://www.youtube.com/watch?v=bJLlvZO6tAg>)

## Благодарности

Поднасям своите благодарности към научният ми ръководител проф. д-р Найден Шиваров. Благодаря Ви за това, че бяхте мой ментор, за подкрепата, насоки и градивна критика, за да се случи този дисертационен труд. Благодаря Ви за съвместна творческа работа, по време на която бяхме отдадени на науката и споделяме общи интереси.

Благодаря и на всички колеги от ИИКТ от секция „КФС“ и секция „Разпределени информационни и управляващи системи“, с които си сътрудничихме.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Bell, Bradford S., and Steve WJ Kozlowski. "Advances in technology-based training." *Managing human resources in North America*. Routledge, 2012. 27-43.
- [2] de Freitas, S., Liarokapis, F. (2011). *Serious Games: A New Paradigm for Education?*. In: Ma, M., Oikonomou, A., Jain, L. (eds) *Serious Games and Edutainment Applications*. Springer, London. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2161-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2161-9_2)
- [3] Ma Minhua, Oikonomou Andreas, "Serious Games and Edutainment Applications", book, Springer Cham, doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5, ISBN978-3-319-51643-1, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5>
- [4] Chen, NS., Hwang, GJ. Transforming the classrooms: innovative digital game-based learning designs and applications. *Education Tech Research Dev* **62**, 125–128 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11423-014-9332-y>
- [5] Elder CD. *Serious Games*. By Clark C. Abt. (New York: The Viking Press, Inc., 1970. Pp. 176. \$5.95, cloth; \$1.95, paper.) - *A Primer on Simulation and Gaming*. By Richard F. Barton. (Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1970. Pp. 239. \$8.95 cloth, \$4.95 paper.). *American Political Science Review*. 1971;65(4):1158-1159. doi:10.2307/1953510
- [6] Friedman, S. and Schultz, D., "Generational Politics in the United States: From the Silents to Gen Z and Beyond", book, ISBN:9780472904440, 2024, University of Michigan Press, <https://books.google.bg/books?id=RnEDEQAAQBAJ>
- [7] Chute, E. (2009). STEM education is branching out: Focus shifts from making science, math accessible to more than just brightest. *Pittsburg Post-Gazette*, 947944–947298.
- [8] Christopoulos A, Pažeraite A., Chytas C., Tenberge C., Timotijevic D., Lale Eric D., Vaivadiene E., and team, "A PRACTICAL HANDBOOK ON EFFECTIVE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF STEAM TEACHING AT SCHOOL", book, Pressbooks, Funded by Erasmus+ Programme of the European Union
- [9] Mohr-Schroeder M., Cavalcanti M., Blyman K., "Stem Education: Understanding the Changing Landscape", 2015, pp.3 – 14, DOI:[10.1007/978-94-6300-019-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-6300-019-2_1), [https://www.researchgate.net/publication/294287197\\_Stem\\_Education\\_Understanding\\_the\\_Changing\\_Landscape](https://www.researchgate.net/publication/294287197_Stem_Education_Understanding_the_Changing_Landscape)
- [10] Dugger, William E., Jr, "Standards for technological literacy: Content for the study of technology. Reston", ITEA, 2000, стр. 7, (2000/2/2007), ITEA, 2000, [https://www.researchgate.net/publication/234677078\\_Standards\\_for\\_Technological\\_Literacy](https://www.researchgate.net/publication/234677078_Standards_for_Technological_Literacy)
- [11] Technical Foundation of America, "Standards for Technological and Engineering Literacy", <https://www.iteea.org/stel>
- [12] National Research Council 1996. *National Science Education Standards*, Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/4962>, <http://nap.edu/4962>
- [13] Betzner, J. and Marek, E. (2014) *Teacher and Student Perceptions of Earth Science and Its Educational Value in Secondary Schools*. *Creative Education*, 5, 1019-1031. doi: [10.4236/ce.2014.511116](https://doi.org/10.4236/ce.2014.511116), <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=47209>
- [14] Homkes R. and Strikwerda. R. A., 2009, Meeting the ABET program outcome for issues and responsibilities: an evaluation of CS, IS, and IT programs. In *Proceedings of the 10th ACM conference on SIG-information technology education (SIGITE '09)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 133–137. <https://doi.org/10.1145/1631728.1631764>
- [15] Stefanidou, C. and Skordoulis, C. (2014) *Subjectivity and Objectivity in Science: An Educational Approach*. *Advances in Historical Studies*, 3, 183-193. doi: [10.4236/ahs.2014.34016](https://doi.org/10.4236/ahs.2014.34016). <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=50254>
- [16] Kennedy T., Odell M., 2023, *STEM Education as a Meta-discipline*, *Contemporary Issues in Science and Technology Education* (pp.37-51), DOI:[10.1007/978-3-031-24259-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-24259-5_4), [https://www.researchgate.net/publication/368796346\\_STEM\\_Education\\_as\\_a\\_Meta-discipline](https://www.researchgate.net/publication/368796346_STEM_Education_as_a_Meta-discipline)

- [17] Sanders, M. (2009). Integrative STEM education: Primer. *Technology Teacher*, 68(4), 20–26
- [18] Shernoff, D.J., Sinha, S., Bressler, D.M. et al. Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *IJ STEM Ed* 4, 13 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1>, <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-017-0068-1#citeas>
- [19] Bennett, J.M.P., An investigation of elementary teachers' self-efficacy for teaching integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education, Dissertation, Regent University, ProQuest Number: 10137835, 2016, <https://www.proquest.com/openview/48f43dce3b88d5bcec7c49544e38475e/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>
- [20] Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 35-60). Purdue University Press. <https://experts.umn.edu/en/publications/implementation-and-integration-of-engineering-in-k-12-stem-educat>
- [21] Purzer, S., Strobel, J., Cardella, M.E 2014 book *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices*, Purdue University Press, ISBN: 9781612493589, <https://books.google.bg/books?id=bl7yDwAAQBAJ>
- [22] Kelley, T.R., Knowles, J.G. A conceptual framework for integrated STEM education. *IJ STEM Ed* 3, 11 (2016). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- [23] OECD (2015), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015: Innovation for growth and society*, OECD Publishing, Paris, [https://doi.org/10.1787/sti\\_scoreboard-2015-en](https://doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2015-en). [https://www.oecd.org/en/publications/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2015\\_sti\\_scoreboard-2015-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2015_sti_scoreboard-2015-en.html)
- [24] Harrington R., 2015, These are the 10 smartest countries in the world when it comes to science, *Business insider*, <https://www.businessinsider.com/most-technological-countries-lag-behind-in-science-2015-12#6-greece-spent-only-008-of-its-gdp-on-research-in-2013-which-was-one-of-the-lowest-reported-among-developed-countries-it-might-explain-why-its-stem-degree-rate-dropped-from-28-in-2002-to-26-in-2012-5>
- [25] Georgieva S., 2014, Добре забравено старо: Сендовската система вече се нарича STEM, [https://www.segabg.com/hot/category-education/dobre-zabraveno-staro-sendovskata-sistema-veche-se-naricha-stem?fbclid=IwY2xjawHu-SZleHRuA2FlbQIxMQABHXc-HSr9GOArCdJhWQG5ZymfQ2FEGYWw2-QIa6q883VSXVkfP9uRPT\\_7kA\\_aem\\_tJxgGhfvz-Uf8V14kudVwg](https://www.segabg.com/hot/category-education/dobre-zabraveno-staro-sendovskata-sistema-veche-se-naricha-stem?fbclid=IwY2xjawHu-SZleHRuA2FlbQIxMQABHXc-HSr9GOArCdJhWQG5ZymfQ2FEGYWw2-QIa6q883VSXVkfP9uRPT_7kA_aem_tJxgGhfvz-Uf8V14kudVwg)
- [26] European Commission's, 2024, *Education and Training Monitor 2024, Comparative report*, Luxembourg: Publications Office of the European Union, [ec.europa.eu/education/monitor\\_op.europa.eu/etm](https://ec.europa.eu/education/monitor_op.europa.eu/etm)
- [27] Leavitt, Harold J et al. Management in the 1980's, *Harvard Business Review*. 11 1958
- [28] [https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8\\_%D0%B8\\_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8\\_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8](https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8_%D0%B8_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8)
- [29] Longley, Dennis et al. *Dictionary of Information Technology*, 2. Macmillan Press, 1985. ISBN 0-333-37260-3. p. 164
- [30] Glushkov, V.M. and other. *Encyclopedia of Cybernetics*. Kyiv, 1975.
- [31] *Information: A Very Short Introduction*. Luciano Floridi // Oxford University Press, 2010. Посетен на 16 септември 2010.

- [32] Zunt, Dominik. Who did actually invent the word „robot“ and what does it mean? // The Karel Čapek website. 2007.
- [33] <https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0>
- [34] Q. Wu, "Networking College's Smart Education System Based on Omnidirectional Interaction Model," *2021 2nd International Conference on Information Science and Education (ICISE-IE)*, Chongqing, China, 2021, pp. 141-144, doi: 10.1109/ICISE-IE53922.2021.00039. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9742435/citations#citations>
- [35] Angeline, R., Adhityaa, C., Ranganathan, V.P., Kailash, K.E. (2024). Intelligent Educational Chatbot for Student Interaction Based on DaVinci Model. In: Senjyu, T., So-In, C., Joshi, A. (eds) *Smart Trends in Computing and Communications. SmartCom 2024* 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 947. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-1326-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-97-1326-4_19), [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-1326-4\\_19](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-1326-4_19)
- [36] B. Williamson, J. Pykett, and S. Nemorin, "Biosocial spaces and neurocomputational governance: brain-based and brain-targeted technologies in education," *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education*, vol. 39, no. 2, pp. 258–275, 2018.
- [37] B. Willizmson, R.Eynon, (2020) "Historical threads, missing links, and future directions in AI in education", *Learning, Media and Technology*, 45:3, 223-235, DOI:[10.1080/17439884.2020.1798995](https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1798995).
- [38] X. Zhai, X. Chu, C. Sing Chai, Morris Siu Yung Jong, Andreja Istenic, Michael Spector, Jia-Bao Liu, J. Yuan, Yan Li, "A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020", *Complexity*, vol. 2021, Article ID 8812542, 18 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>
- [39] A. Flogie and B. Aberšek, "Transdisciplinary approach of science, technology, engineering and mathematics education," *Journal of Baltic Science Education*, vol. 14, no. 6, pp. 779–790.
- [40] Ijaz, A. Bogdanovych, and T. Trescak, "Virtual worlds vs books and, 2015.
- [41] K videos in history education," *Interactive Learning Environments*, vol. 25, no. 7, pp. 904–929, 2017.
- [42] T. Horakova, M. Houska, and L. Domeova, "Classification of the educational texts styles with the methods of artificial intelligence," *Journal of Baltic Science Education*, vol. 16, no. 3, pp. 324–336, 2017.
- [43] T. Horakova, M. Houska, and L. Domeova, "Classification of the educational texts styles with the methods of artificial intelligence," *Journal of Baltic Science Education*, vol. 16, no. 3, pp. 324–336, 2017.
- [44] S. Vattam, A. K. Goel, S. Rugaber et al., "Understanding complex natural systems by articulating structure-behavior-function models," *Educational Technology & Society*, vol. 14, no. 1, pp. 66–81, 2011.
- [45] A. Casamayor, A. Amandi, and M. Campo, "Intelligent assistance for teachers in collaborative E-learning environments," *Computers & Education*, vol. 53, no. 4, pp. 1147–1154, 2009
- [46] A. Gogoulou, E. Gouli, and M. Grigoriadou, "Adapting and personalizing the communication in a synchronous communication tool," *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 24, no. 3, pp. 203–216, 2008.
- [47] A. Tüfekçi and U. Köse, "Development of an artificial intelligence based software system on teaching computer programming and evaluation of the system," *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, vol. 28, no. 2, pp. 469–481, 2013.
- [48] V. V. Nabiyev, Ü. Çakiroğlu, H. Karal, A. K. Erümit, and A. Çebi, "Application of graph theory in an intelligent tutoring system for solving mathematical word problems," *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, vol. 12, no. 4, pp. 687–701, 2016.
- [49] A. Mukherjee, U. Garain, and A. Biswas, "Experimenting with automatic text-to-diagram conversion: a novel teaching aid for the blind people," *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 17, no. 3, pp. 40–53, 2014

- [49] M. Liu, V. Rus, and L. Liu, "Automatic Chinese factual question generation," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 10, no. 2, pp. 194–204, 2017.
- [50] K. R. Malik and T. Ahmad, "E-assessment data compatibility resolution methodology with bidirectional data transformation," *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, vol. 13, no. 7, pp. 3969–3991, 2017.
- [51] J. Petit, S. Roura, J. Carmona et al., "Jutge.org: characteristics and experiences," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 11, no. 3, pp. 321–333, 2018.
- [52] I. Zipitria, A. Arruarte, and J. Elorriaga, "Discourse measures for Basque summary grading," *Interactive Learning Environments*, vol. 21, no. 6, pp. 528–547, 2013.
- [53] G. P. Jain, V. P. Gurupur, J. L. Schroeder, and E. D. Faulkenberry, "Artificial intelligence-based student learning evaluation: a concept map-based approach for analyzing a student's understanding of a topic," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 7, no. 3, pp. 267–279, 2014.
- [54] C. Rapanta and D. Walton, "The use of argument maps as an assessment tool in higher education," *International Journal of Educational Research*, vol. 79, pp. 211–221, 2016.
- [55] A. Jones, "Philosophical and socio-cognitive foundations for teaching in higher education through collaborative approaches to student learning," *Educational Philosophy and Theory*, vol. 43, no. 9, pp. 997–1011, 2011.
- [56] G. Kessler, "Technology and the future of language teaching," *Foreign Language Annals*, vol. 51, no. 1, pp. 205–218, 2018.
- [57] D. H. Jonassen, "Ask systems: interrogative access to multiple ways of thinking," *Educational Technology Research and Development*, vol. 59, no. 1, pp. 159–175, 2011.
- [58] Davy Tsz Kit Ng, Jiahong Su, Jac Ka Lok Leung & Samuel Kai Wah Chu (2023), "Artificial intelligence (AI) literacy education in secondary schools: a review, *Interactive Learning Environments*", DOI: 10.1080/10494820.2023.2255228
- [59] Jiahong Su, Yuchun Zhong, Davy Tsz Kit Ng, "A meta-review of literature on educational approaches for teaching AI at the K-12 levels in the Asia-Pacific regions *Computers and Education: Artificial Intelligence*", Volume 3, 2022, 100065, ISSN 2666-920X
- [60] I. Lee, B. Perret, "Preparing High School Teachers to Integrate AI Methods into STEM Classrooms," *The Thirty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-22)*, 2022
- [61] F. R. Melo, E. L. Flôres, S. D. Carvalho, R. A. G. Teixeira, L. F. B. Loja, and R. de Sousa Gomide, "Computational organization of didactic contents for personalized virtual learning environments," *Computers & Education*, vol. 79, pp. 126–137, 2014.
- [62] Irene Lee, Beatriz Perret "Preparing High School Teachers to Integrate AI Methods into STEM Classrooms", *The Thirty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-22)*, 1997
- [63] J. Andriessen, J. Sandberg, "Where is Education Heading and How About AI?", *International Journal of Artificial Intelligence in Education* (1999), 10, 130-150.
- [64] Huang, S.; Wang, B.; Li, X.; Zheng, P.; Mourtzis, D.; Wang, L. Industry 5.0 and Society 5.0—Comparison, complementation and co-evolution. *J. Manuf. Syst.* 2022, 64, 424–428.
- [65] Staikova, M.; Ivanova, V.; Chivarov, N. Artie max robot as a STEM education tool through integration technology, math and English language. *AIP Conf. Proc.* 2024, 3078, 020007. <https://doi.org/10.1063/5.0208311>.
- [66] Khine, M.S.; Ohmer. *Robotics in STEM Education*; Springer: Berlin, Germany, 2017; pp. 262, ISBN: 978-3-319-57785-2.
- [67] Breiner, J.M.; Harkness, S.S.; Johnson, C.C.; Koehler, C.M. What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *Sch. Sci. Math.* 2012, 112, 3–11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>.
- [68] Vega, J.; Canas, J.M. Open vision system for low-cost robotics education. *Electronics* 2019, 8, 1295. <https://doi.org/10.3390/electronics8111295>.

- [69] Weinberg, J.B.; Yu, X. Robotics in education: Low-cost platforms for teaching integrated systems. *IEEE Robot. Autom. Mag.* 2003, 10, 4–6. <https://doi.org/10.1109/MRA.2003.1213610>.
- [70] Staikova, M.; Ivanova, V.; Chivarov, N. Students understanding for AI in different educational levels. *IFAC-PapersOnLine* 2024, 58, 182–186. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.147>.
- [71] Ozobot Educator’s Guide. Available online: <https://ozobot.com>.
- [72] Khine, M.S., Khine, M.S. and Ohmer, 2017. *Robotics in STEM Education*. Springer.
- [73] Jonathan M. Breiner, Shelly Sheats Harkness, Carla C. Johnson, Catherine M. Koehler, What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships, School Science and mathematics, 2012
- [74] Vega, J. and Canas, J.M., 2019. Open vision system for low-cost robotics education. *Electronics*, 8(11), p.1295.
- [75] Weinberg, J.B. and Yu, X., 2003. Robotics in education: Low-cost platforms for teaching integrated systems. *IEEE Robotics & automation magazine*, 10(2), pp.4-6.
- [76] Chivarov, N., Yovkov,S., Chivarov, S., Tosheva, I., Pleva, M., Hladek, D. NITRO Educational Mobile Robot Platform for Maze Solving and Obstacle Avoidance, 2022. *IEEE Xplore*. Restrictions apply.
- [77] ESP32 - Technical Reference Manual, Copyright © 2022 Espressif Systems, version 4.8
- [78] Maier A., Sharp A. and Vagapov Y., "Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things," 2017 *Internet Technologies and Applications (ITA)*, Wrexham, UK, 2017, pp. 143-148, doi: 10.1109/ITECHA.2017.8101926.
- [79] Rai P. and Rehman M., "ESP32 Based Smart Surveillance System," 2019 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET), Sukkur, Pakistan, 2019, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICOMET.2019.8673463.
- [80] Educational Insights, ArtieMax Guide
- [81] Sutherland C. J., "Blockly in a Box: How Children Explore Block-Based Robot Programming," 2022 19th International Conference on Ubiquitous Robots (UR), Jeju, Korea, Republic of, 2022, pp. 263-267, doi: 10.1109/UR55393.2022.9826278.
- [82] Minard P., Pintos F., Louzir A., Chambelin P., Naour Y. Le and Bras L. Le, "On-board integration of compact printed WiFi antennas with existing DECT antenna system," 2008 *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, San Diego, CA, USA, 2008, pp. 1-4, doi: 10.1109/APS.2008.4618944.
- [83] Villacís D., Acosta F. R. and Lara Cueva R. A., "Performance analysis of VoIP services over WiFi-based systems," 2013 *IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM)*, Medellin , Colombia, 2013, pp. 1-6, doi: 10.1109/ColComCon.2013.6564813.
- [84] Web page of LUMA Centre at Aalto University <http://luma.aalto.fi>, 12.5.2016
- [85] <http://koodiaapinen.fi/en/>
- [86] <https://macsources.com/artie-max-code-and-draw-review/>
- [87] <https://www.techadvisor.com/article/723603/best-coding-and-stem-toys-for-kids-2022.html>
- [88] Xun Xu, Yuqian Lu, Birgit Vogel-Heuser, Lihui Wang, "Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception, *Journal of Manufacturing Systems*", Volume 61,2021,Pages 530-535, ISSN 0278-6125
- [89] Humayun M., “Industrial Revolution 5.0 and the Role of Cutting Edge Technologies”, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*; West Yorkshire Vol. 12, Iss. 12, (2021), pp. 605 – 614.
- [90] Nosta J. „The 5th Industrial Revolution: the dawn of cognitive age“, (6.10.2023), <https://www.psychologytoday.com/us/blog/the-digital-self/202310/the-5th-industrial-revolution-the-dawn-of-the-cognitive-age>
- [91] Orphanides K.G., “Review: Luwu Dynamics XGO-Mini2”, (17.06.2023), <https://www.wired.com/review/review-luwu-dynamics-xgo-mini2/>

- [92] Mouser Electronics Team, "Newest products: Raspberry Pi Compute Modules 4 (CM4), (24.07.2023), "https://www.mouser.bg/new/raspberry-pi/raspberry-pi-cm4-compute-modules/"
- [93] Maurya A. and Sharma V., "Facial Emotion Recognition Using Keras and CNN," 2022 2nd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE), Greater Noida, India, 2022, pp. 2539-2543, doi: 10.1109/ICACITE53722.2022.9823480.
- [94] Khopkar A. and Saxena A. A., "Facial Expression Recognition Using CNN with Keras", Biosc. Biotech. Res. Comm. special Issue Vol 14 No 05 (2021) Pp-47-50
- [95] ElecFreaks Team, "ELECFREAKS CM4 XGO-Mini Robot Dog Kit For Raspberry Pi ", (2023), <https://www.elecFreaks.com/>
- [96] The xgorobot web /working/ environment : <http://block.xgorobot.com/>
- [97] ElecFreaks Team, „CM4 XGO Robot Kit V2”, (2023), <https://wiki.elecFreaks.com/en/pico/cm4-xgo-robot-kit/>
- [98] Nosta J., "The New Cognitive Age: In the 5th Industrial Revolution, technology and humanity will evolve together", (8.11.2023), <https://futurist.bg/the-5th-industrial-and-cognitive-revolution/>
- [99] Montiglio, D. (2009), "Guide To Understand The Bulgarian Educational System", Journal of Foreiner,
- [100] Gokuladas, V. K., Sam, S.K., (2022), "Student Satisfaction In Secondary Education: An Empirical Study of Indian Expatriate Students", Journal of Research in International Education, 75 – 83.
- [101] Bosworth K, Ford L and Hernandaz D (2011) School climate factors contributing to student and faculty perceptions of safety in select Arizona schools. Journal of School Health. 81(4): 194–201.
- [102] Halachev, P. (2009), "Educational Challenges for e-Learning in Higher Education in Bulgaria", The International Journal of Learning Annual Review 16(6):737-746.
- [103] Kostova, D., (2008), "The Bulgarian educational system and evaluation of the ISCED-97 implementation", 163 – 173p.
- [104] Bieri, F., Imdorf., Ch., Stoilova, R., Boyadjieva, P., „The Bulgarian educational system and gender segregation in the labour market“, Pages 158-179 | Received 08 Apr 2014, Accepted 21 Dec 2015, Published online: 19 Feb 2016
- [105] Boyadjieva, P. (2012) 'Higher education and rating systems of higher schools in Bulgaria: Situation, problems, and outlook (published in Bulgarian)', Bulgarian Journal of Science and Education Policy 6: 5–84.
- [106] Anthony, M., „Cognitive Development in 11-13 Year Olds. Children become increasingly competent at adult-style thinking during the "tween" years.“ <<https://www.scholastic.com/parents/family-life/creativity-and-critical-thinking/development-milestones/cognitive-development-11-13-year-olds.html>>, 2015 (accessed 15.05.15)
- [107] Methodology for studying of students' satisfaction with the quality of education, Dimitar A. Tsenov Academy of Economics, [https://wwwold.uni-svishtov.bg/app/quality/CKO\\_DOCUMENTS/Methodologia\\_IAOKU.pdf](https://wwwold.uni-svishtov.bg/app/quality/CKO_DOCUMENTS/Methodologia_IAOKU.pdf) (15.06.2019).
- [108] Zsheliaskova-Koynova, Zsh., Mileva, (2019), E., "STUDENTS' SATISFACTION WITH PEDAGOGY TEACHING", Trakia Journal of Sciences, Vol. 17, Suppl. 1,
- [109] Fischer, K. W. (1980). A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. Psychological Review, 87(6), 477–531. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.6.477>
- [110] Anderson, M. (1992). Intelligence and development: A cognitive theory. Blackwell Publishing.

- [111] Huitt, W., Hummel, J. (2003), "Piaget's theory of cognitive development. Educational Psychology Interactive. Valdosta, GA: Valdosta State University. Retrieved [date] from <<http://chiron.valdosta.edu/whuitt/col/cogsys/piaget.html>>
- [112] Collins, A., (1984), "Development During Middle Childhood", National Academy Press, Washington, D.C. 1984
- [113] Rubio F., Valero F., Lopez-Albert C., "A review of mobile robots: Concepts, methods, theoretical framework, and applications". International Journal of Advanced Robotic Systems. 2019;16(2). doi:10.1177/1729881419839596
- [114] Siegwart R., Reza Nourbakhsh I., Scaramuzza D., "Introduction to Autonomous Mobile Robots", book of Massachusetts Institute of Technology, 2011
- [115] Bilbro G. and Snyder W., "A System To Recognize Objects In 3-D Images", Proc. SPIE 0635, Applications of Artificial Intelligence III, (26 March 1986); <https://doi.org/10.1117/12.964125>
- [116] Farhadi A., Endres I., Hoiem D. and Forsyth D., "Describing objects by their attributes", 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Miami, FL, USA, 2009, pp. 1778-1785, doi: 10.1109/CVPR.2009.5206772
- [117] Frome A., Huber D., Kolluri R., Bülow T., Malik J., "Recognizing Objects in Range Data Using Regional Point Descriptors.", In: Pajdla, T., Matas, J. (eds) Computer Vision - ECCV 2004. ECCV 2004. Lecture Notes in Computer Science, vol 3023. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-24672-5\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-540-24672-5_18)
- [118] Johnson A. and Hebert M., "Recognizing objects by matching oriented points," Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, San Juan, PR, USA, 1997, pp. 684-689, doi: 10.1109/CVPR.1997.609400
- [119] Team of Obi Zhongguang Technology Group Co., Ltd., "ORBEC Depth Camera", Product specification, Co Copyright © 2013–2022, Orbbec Incorporated, <https://www.orbbec.com/wp-content/uploads/2023/07/Petrel-A-En.pdf>
- [120] Team of Obi Zhongguang Technology Group Co., Ltd., <https://www.orbbec.com/developers/openni-sdk/>
- [121] Smolskiy M., "Open Source Computer Vision Library", <https://github.com/opencv/opencv>
- [122] Microsoft Team, "Learn", <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/win32/memory/using-file-mapping>
- [123] Gochev G., "Computer Vision and Neural Networks", Technical University Publishing House, 1998. (translated from Bulgarian)
- [124] Shade J., S. Gortler, Li-wei He, Richard Szeliski, "Layered depth images", 24 July 1998, SIGGRAPH98: The 25th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques
- [125] Tom van Dijk, Guido de Croon; "How Do Neural Networks See Depth in Single Images?", Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), 2019, pp. 2183-2191
- [126] Coradeschi, S., & Saffiotti, A. (2003). Perceptual Anchoring of Symbols for Action. Proceedings of the 17th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), 407-412.