

LEARNING BY DOING IN STEM EDUCATION*

MARTIN I. PETROV

ABSTRACT: *The purpose of this article is to present the “learning by doing” approach as a fundamental component of STEM education and to examine its benefits for developing students’ practical skills, creativity, critical thinking, and adaptability. Particular emphasis is placed on the role of the teacher as a facilitator in the learning process, guiding students in solving real-world STEM problems through the integration of knowledge and skills from multiple disciplinary domains. The showcased project CleanBot, which was awarded first place at the National Olympiad in Information Technologies, further demonstrates the high educational value and effectiveness of the learning-by-doing approach*

KEYWORDS: *STEM education, Learning by Doing, Project-based learning*

2010 Math. Subject Classification: 97P20, 97B20

УЧЕНЕ ЧРЕЗ ПРАВЕНЕ В STEM ОБУЧЕНИЕТО†

МАРТИН И. ПЕТРОВ

1 Въведение

STEM обучението комбинира знания и умения от природните науки, математиката, инженерството и технологиите,

*This paper is partially supported by BG05SFPR001-3.004-0021-C01 – IntegrITy

†Статията е частично финансирана по проект BG05SFPR001-3.004-0021-C01 – ИнтегрИТи

като е насочено основно към практиката. Поради това то е сред най-бързо развиващите се направления в съвременното образование. [1], [9], [20]. STEM задачите все по-често се разработват с помощта на изкуствен интелект, който предоставя възможности за автоматизирано генериране на съдържание и ефективно подпомага обучителния процес. [17].

Една от най-успешните стратегии в STEM обучението е подходът „учене чрез правене“, базиран на учене чрез преживяване [7] и модела на експериментално учене [13]. Стимулират се умения за разрешаване на реални проблеми, креативност, инженерно мислене и критичност, като поставя учениците в роля на създатели на реални решения [18], [8].

Подходът “Learning by Doing” е изключително актуален за STEM обучение, понеже включва програмиране, електроника, инженеринг, 3D моделиране, 3D принтиране, предприемачество, маркетинг и реални технически или други предизвикателства от всякакъв характер, които възникват по време на реализирането на дадена задача и не могат да бъдат овладени само чрез теория. [12], [16].

Настоящата статия демонстрира реализацията на подхода чрез проекта CleanBot, създаден от ученици от Робоклуб „Хелиос“ при СУ „Любен Каравелов“ – Добрич под мое. Проектът „CleanBot“ е награден с призовото първо място на Националната олимпиада по информационни технологии, което доказва неговата изключително положителна педагогическа и технологична стойност. Проектът е награден и на най-големия форум за роботика в България – „Пара Роботикс“.

Проект „CleanBot“ е енергонезависима, автономна система за мониторинг и управление на отпадъци, изградена чрез Arduino, ултразвукови сензори, мотор драйвер, соларен контролер, соларен панел, HTTPS комуникация, база данни и уеб приложение, базирано на Laravel, за управление и мониторинг – пример за интегрирано STEM обучение чрез Learning by Doing [23].

2 Реализация

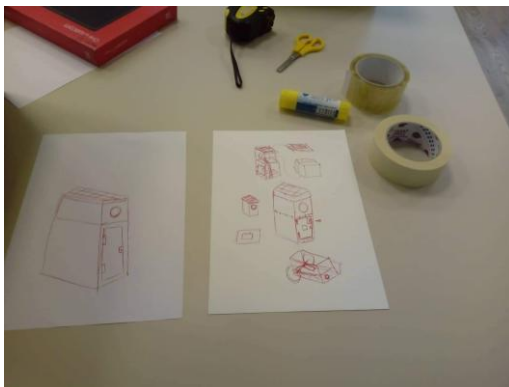
Подходът „учене чрез правене“ е свързан с активно участие на учениците в реални маркетингови проучвания, анализ на конкуренцията, инженерни процеси, конструиране, 3D моделиране, 3D принтиране, експериментиране и непрестанно тестване и търсене на по-оптимални решения. Учебната среда се трансформира в лаборатория за открития, в която знанията и уменията се генерират чрез проби, грешки и контакт със системи от реалния свят. [7], [11].

Моделът е изключително успешен в STEM, понеже е необходимо аналитично мислене, работа с микроконтролери, сензори, схеми, програмен код и инженерни дизайни и конструкции. [5], [12]. Реализирането на проект „CleanBot“ усъвършенства дигиталната креативност [3], както и ключови компетентности, свързани с инженерния дизайн, критичното мислене и уменията за работа в екип. [4].

Реализацията на проект „CleanBot“ се извършва чрез изпълнение на няколко последователни етапа, аналогични на тези в реалния свят. Учениците започват с изготвяне на идейно задание, анализ на изискванията и определяне на функционалностите. След това изучават конкурентни решения, за да избегнат грешки и да открият възможности за подобрения. На тази база създават финално проектно задание, което структурира цялата разработка.

Учениците започват със създаване на идейно техническо задание /скица/, анализ на конкуренцията за определяне на техните силни и слаби черти, които да доразвият идейното задание. След анализа на конкуренцията функционалът в техническото задание се допълва от функционалите при конкурентите и се развива от авторски идеи от самите ученици, провокирани от разгледаните функционали при конкурентите. При сравнително пълно техническо задание учениците вече знаят какво очакват да

се получи и започват следващата стъпка, която е извършване на анализ на най-подходящия хардуер и софтуер за проекта.



Фигура 1. Скица на идейно задание

След скициране на идейното задание, за по-лесна визуализация на проекта се използват бързи методи за изграждане на проекта чрез хартия.



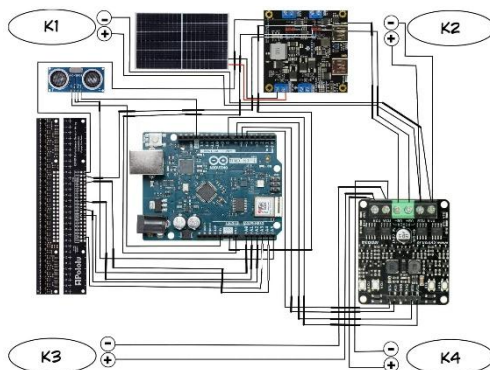
Фигура 2. Хартиена реализация

Хардуерната реализация включва в себе си избор на инфрачервени и ултразвукови сензори, мотор драйвери, електрически мотори с редукция, соларен контролер, соларен панел, батерия и избор на лек материал за изработването на проекта (Разпенено PVC). В процеса на създаване възникват реални инженерни проблеми, като изборът на подходящ мотор драйвер. Първият мотор драйвер, избран за целта, извършваше своята задача успешно при всички тестове на кошчето, докато не се стигна до етап на сравнително финални тестове и кошчето се напълни с по-тежък отпадък, вследствие на което мотор драйверът се претоварва и кошчето не извършва никакво движение. След анализ на ситуацията и проблема се интегрира по-мощен мотор драйвер, издържащ по-голямо натоварване, което води до замяна на стария драйвер с нов. Друга трудност, която възниква, е изборът на подходящи инфрачервени сензори, позволяващи плавно движение на кошчето. Още една трудност, възникнала при проектирането на кошчето, е изборът на соларен панел, издържащ голям период на спад в слънцегреенето и позволяващ непрестанна работа на кошчето. Точно тези ситуации налагат изпълнение на цикъла „прототипиране – тест – корекция“, който е главен елемент в Learning by Doing [13].



Фигура 3. Хардуерна конфигурация

При всяка хардуерна конфигурация е необходима и изработена схема за свързване.



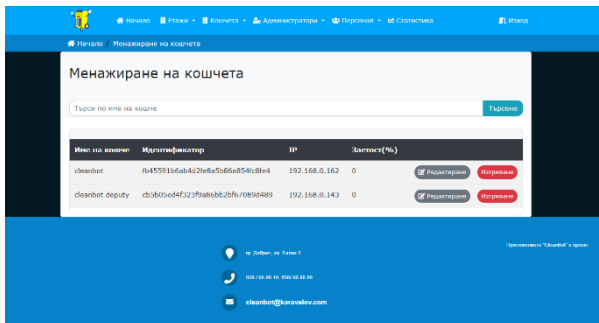
Фигура 4. Схема на свързване

Учениците имат трудности при избора на платформа както за управление на кошчето, така и за менажиране на проекта. За управление на кошчето е избран Arduino заради ниската консумация на електроенергия, интуитивния език за програмиране, това че е с отворен код и налична голяма общност от Arduino ентусиасти, но стабилността и сигурността на WiFi комуникацията налагат допълнителни по-задълбочени настройки и оптимизации, свързани с HTTPS протокола [16]. Тази ситуация запознава учениците с реални мрежови и комуникационни процеси.

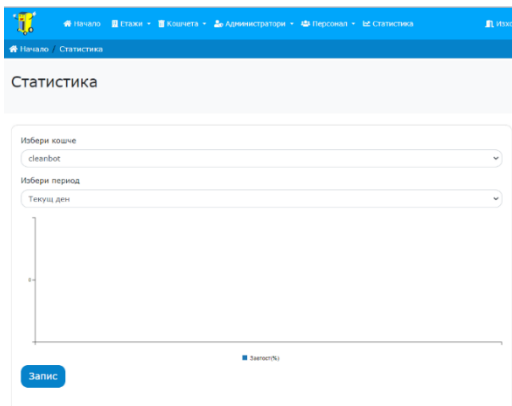
В софтуерната част учениците е необходимо да анализират по какъв начин конкурентите са я реализирали. След извършен анализ на конкуренцията и актуалните софтуерни решения се избира PHP framework “Laravel” заради разделението на бизнес логиката от визуалната част (MVC архитектура), като по този начин проектът може да се развива от бъдещи екипи. Така се прилагат принципите на Project-Based Learning [19], [6].

В допълнение към Laravel за бази данни се използва MariaDB, HTML, CSS, JS и Bootstrap.

Изградена е уеб платформа, позволяваща лесно менажиране и мониторинг на умните кошчета.



Фигура 5. Уеб платформа, секция „Менажиране“



Фигура 6. Уеб платформа, секция „Статистика“

За реализацията на проекта учениците изминават пълния инженерен цикъл: проектиране, прототипиране, тестване, отстраняване на грешки (дебъгване), оптимизация и внедряване, което е в съответствие с Engineering Design Process [12].



Фигура 7. Завършен проект „Cleanbot”(без капак)

При изпълнението на проекта се реализират и процеси, характерни за Collaborative Learning [8], Iterative Learning [13] и Authentic Learning, понеже CleanBot разрешава реален проблем — оптимизиране на управлението на отпадъците в малки и големи сгради.

Концепциите на алгоритмичното мислене и принципите за структуриране на данни, присъщи за изкуствения интелект, улесняват изграждането на софтуерната част на проекта [2].

След успешно преминаване на всички етапи в развитието на един проект той не само е наличен, но и перспективен.



Фигура 8. Завършен проект „Cleanbot” (с капак)

3 Заключение

Проектът CleanBot е доказателство, че подходът „учене чрез правене“ е безпрецедентно ефективен в STEM обучението. Чрез практически задачи, реални инженерни дейности, софтуерна разработка, оптимизация и тестове учениците изграждат знания,

умения и опит, които не могат да бъдат постигнати чрез традиционни методи.

CleanBot доказва успешно комбиниране на хардуер, софтуер, инженерство и научни концепции. Отличието на проекта на Националната олимпиада по ИТ затвърждава неговата важност и устойчивост като обучителен модел. Проектът е отличен и на най-големия форум за роботика в България – „Пара Роботикс“, което допълнително доказва неговата технологична и иновативна значимост.

Съпътстващите модели: Project-Based Learning, Problem-Based Learning, Engineering Design Process, Collaborative Learning и Iterative Learning - също подпомагат процеса.

Успешните резултати доказват, че когато учениците учат, експериментират и работят в реална инженерна среда под ръководството на учител-фасилитатор, обучението е изключително по-ефективно и успешно.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Желязкова, М. STEM в контекста на компетентностния подход в образованието, Образование и технологии, Vol. 13, стр. 206-212. 2022
- [2] Кожухаров, М. Въведение в изкуствения интелект, Тракийски университет, ДИПКУ. Стара Загора, 2025, ISBN 978-954-691-114-8
- [3] Кожухарова, Д. От дигитална компетентност към дигитална креативност. Академично издателство, Тракийски университет. Стара Загора, 2020, ISBN 978-954-338-166-1
- [4] Рашева-Мерджанова, Я. Трансформация на ключовите компетентности на съвременния учител в контекста на социалното взаимодействие. – Стратегии на образователната и научната политика. № 3, с. 243 – 253, 2010
- [5] Стоянова, И., Развитие на компетентностите на децата от предучилищна възраст чрез иновативни модели на обучение, Компетентностният подход като алтернатива пред

- предизвикателствата на 21. Век, ISBN 978-619-201-678-4, стр. 85-90. 2022
- [6] Bell, S. PBL for the 21st Century, The Clearing House, Vol. 83(2), pp. 39–43. 2010.
- [7] Dewey, J. Experience and Education, Kappa Delta Pi Publications, ISBN 978-0684838281. 1938.
- [8] Dillenbourg, P. Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches, Elsevier, ISBN 978-0080433433. 1999.
- [9] Goranova, E. An approach to implementing information technology in stem education, PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE, volume 62, book 11.1. 2023
- [10] Hmelo-Silver, C. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?, Educational Psychology Review, Vol. 16, pp. 235–266. 2004.
- [11] Jonassen, D. Constructivist Learning Environments, Instructional Design Theories and Models, Vol. II, ISBN 978-0805850402. 1999.
- [12] Kelley, T. & Knowles, J. Integrated STEM Framework, International Journal of STEM Education, Vol. 3(11). 2016.
- [13] Kolb, D. Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development, Prentice Hall, ISBN 978-0132952613. 1984.
- [14] Kwon, K. & Lee, H. Meta-analysis of PBL and creativity, Journal of Educational Psychology. 2025.
- [15] Lee, J. PBL as a Catalyst for STEM, STEM Education Review. 2025.
- [16] Ouyang, F., et al. Educational Robotics in STEM, International Journal of Science and Mathematics Education, 2024.
- [17] Pavlova, N. & Marchev, D. Application of artificial intelligence in generation of stem tasks, KNOWLEDGE –International Journal, Vol.66.2, pp. 185-191. 2024
- [18] Prince, M. Active Learning Review, Journal of Engineering Education, Vol. 93(3), pp. 223–231. 2004.
- [19] Thomas, J. Review of PBL, Autodesk Foundation Report, 2000.

[20] <https://stem.mon.bg/>, [Прегледана 20.10.2025].

[21] https://www.mon.bg/nfs/2023/12/up_ix_fa_pril9-36.pdf, Прегледана 20.10.2025].

[22] https://www.mon.bg/nfs/2023/12/up_vii_fizika.pdf, [Прегледана 20.10.2025].

[23] <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>, [Прегледана 20.10.2025].

Martin Ivanov Petrov

Konstantin Preslavsky University of Shumen

Specialized high school “Lyuben Karavelov” Dobrich

e-mail: martin@dhstudio.bg / m.petrov@shu.bg