

FRI-1.407-MIP-01

PROJECT-BASED LEARNING AND ITS IMPACT ON CREATIVITY AND PROBLEM-SOLVING SKILLS IN PROFILING COMPUTER SCIENCE EDUCATION¹

Stanaila Neykova-Karagaeva, PhD Student

Department of Informatics and Information Technology,

University of Ruse

E-mail: sneykova@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Svetlozar Tsankov, PhD - Supervisor

Department of Informatics and Information Technology,

University of Ruse

E-mail: stsankov@uni-ruse.bg

Abstract: *Project-Based Learning (PjBL) is an educational and innovative approach that connects theoretical concepts with their practical application. This article investigates the influence of PjBL on creativity and problem-solving skills, emphasizing active learning and critical thinking in computer science profiled education. Through practical examples, it illustrates how projects engage students with real-world challenges and encourage the pursuit of innovative solutions. The necessity of integrating PjBL into the educational process is presented as a means to enhance teaching effectiveness and develop key competencies among students.*

Key words: *computer science education, project-based learning, creativity, critical thinking, active learning, motivation.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременното образование следва да предоставя на учениците фундаментални знания, практически умения, личностни качества и самодисциплина, които са от съществено значение за професионален успех в динамично променящата се реалност на 21-ви век. Основните приоритети включват: (1) развитие на умения за учене и иновации, като критично мислене, решаване на проблеми, ефективна комуникация, сътрудничество и креативност; (2) изграждане на компетенции в областта на информацията, медиите и технологиите; и (3) придобиване на житейски и професионални умения (Anazifa and Djukri, 2017).

В този контекст традиционният педагогически модел, прекомерно насочен към учителя и фокусиран върху предаването на теоретични знания, се признава все повече като недостатъчен за посрещане на високите изисквания на съвременното общество за иновации и практически умения (Zhang et al., 2024). Проектно-базираното обучение (ПБО), което се признава като иновативна образователна парадигма, акцентира върху учащите и е ориентирано към активно придобиване на знания и развиване на умения, което го прави ефективен инструмент за преодоляване на ограниченията на традиционната учебно-педагогическа система. Този подход създава условия за задълбочено изследване и решаване на реалистични проблеми (Sitthiworachart, 2024), като обучаемите развиват когнитивни и метакогнитивни компетентности чрез систематична работа върху комплексни проектни задачи, водещи до измерими образователни резултати. Методът на обучение, базиран на проекти, се утвърждава като ефективен подход в компютърните науки, значително увеличаващ ангажираността на учениците и допринасящ за подобряване на техните учебни постижения (Dema and Choden, 2024, Malik and Zhu, 2023).

¹ Докладът е представен на конференция на Русенския университет на 25 октомври 2024 г. в секция „Математика, информатика и физика“ с оригинално заглавие на български език: ПРОЕКТНО-БАЗИРАНОТО ОБУЧЕНИЕ И НЕГОВОТО ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ КРЕАТИВНОСТТА И УМЕНИЯТА ЗА РЕШАВАНЕ НА ПРОБЛЕМИ В ОБУЧЕНИЕТО ПО ПРОФИЛИРАНА ПОДГОТОВКА ИНФОРМАТИКА.

В профилираната подготовка по информатика ПБО създава условия за развитие на креативност и умения за решаване на проблеми, като насърчава учениците да прилагат иновативни решения и да развиват устойчиви стратегии за решаване на практически предизвикателства, породени от реалните изисквания на технологичното съвремие. Въпреки нарастващото приложение на този подход, в българските училища все още липсва систематизиран модел за неговото прилагане, както и обективна скала за оценяване на проектните резултати. Настоящото изследване предлага структуриран педагогически модел за реализиране на ПБО в профилираната подготовка по информатика, придружен от валидирана скала за оценка на ученическите проекти, която обхваща както технически компетенции, така и умения за ефективна комуникация и работа в екип.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Проектно-базирано обучение, креативност и умение за решаване на проблеми

Проектно-базираното обучение е образователен подход, основан на многоетапно обучение и концепции, произтичащи от теорията на Аристотел, според която обучението обхваща три основни сфери: (1) сетивност и проникателност, (2) интелект и мисловна дейност и (3) амбиция и стремеж за знания (Santos et al., 2023). Методът акцентира върху завършването на комплексни проекти задачи от реалния свят с цел повишаване на резултатите от обучението, ангажираността и уменията на учениците за решаване на проблеми. ПБО се основава на три основни конструктивистки принципа: (1) учене в контекста на реални ситуации, (2) активно участие в учебния процес и (3) социално взаимодействие, което се разглежда като средство за усвояване на знания. Популярността на този подход нараства, тъй като той подпомага развитието на технически и професионални умения, формирането на способности за критично и креативно мислене, както и за ефективно сътрудничество (Dema and Choden, 2024).

В този обучителен модел учителят заема ролята на наставник и организатор на проекта, а учениците – активни участници и членове на екип, които разработват решения и стратегии за постигане на поставените цели (Anazifa and Djukri, 2017). ПБО интегрира комплексни задачи, които насърчават учащите да проучват, проектират и вземат решения по въпроси с отворен край, като резултат е крайният продукт (Malik and Zhu, 2023). Чрез насърчаване на прилагането на критично мислене, умения за решаване на проблеми и креативност по отношение на учебното съдържание, подходът повишава мотивацията на учениците и подобрява учебните им резултати (Ivanova and Karagyozyova-Dilkova, 2022).

От друга страна, креативното мислене е съществена познавателна способност, която подпомага формулирането на различни решения за разнообразни проблеми чрез стимулиране на любопитството и прилагане на иновативни подходи. То насърчава учениците да използват своя интелектуален потенциал, за да разработват нови стратегии и хипотези, което води до творчески подходи при решаването на предизвикателства. Креативното мислене не само улеснява процеса на намиране на решения, но и развива самосъзнание относно предела на познавателните възможности, което от своя страна позволява адаптиране и усъвършенстване на методите за преодоляване на трудности. Четирите основни компонента на креативното мислене са плавност, гъвкавост, оригиналност и способност за детайлизиране, като всеки от тях допринася за генерирането на иновативни идеи и възможността за прилагане на нови подходи в разнообразни контексти (De Oliveira Biazus and Mahtari, 2022).

Приложение на проектно-базираното обучение в профилираната подготовка по информатика

Проектно-базираното обучение играе ключова роля в профилираната подготовка по информатика, като подпомага усъвършенстването на технически, логически и комуникативни умения у учениците чрез придобиването на практически опит за програмиране. Реализирането на проектните дейности изисква интегрирането на ключови компетенции, като технически умения за софтуерна разработка, логическо мислене и ефективно сътрудничество в екип.

Предложените проекти са напълно съобразени с изискванията на учебната програма и са реализирани в рамките на часовете по избираемия модул, част от профилираната подготовка по информатика за 11-ти клас, който се изучава по един час седмично. За разработването на решенията е използван езикът за програмиране C#, като работната среда е Visual Studio. Проектните задачи са възложени на учениците след усвояване на необходимите теоретични знания и базови практически умения в основния модул „Структури от данни и алгоритми“.

Проследяването на индивидуалния принос на членовете на екипа е ключов аспект при оценяването на проекти, тази сложност налага използването на обективна и количествена система за оценяване, която да обхване цялостното изпълнение на проекта. Формирането на крайната оценка се извършва по следната формула:

$$O = 2 + T \times 0.04$$

където O представлява крайната оценка, а T сумата от получените точки от всички критерии за оценка.

Таблица 1. Критериална таблица за качествено и количествено оценяване на екипни проекти в профилираната подготовка по информатика

№	Описание на критериите за оценка	Качествено оценяване	Количествено оценяване (точки)
1.	Техническа реализация (40 точки)		
1.1.	Функционалност: - работещ продукт, изпълнява всички изисквания; - работи с минимални проблеми; - съществени проблеми във функционалността.	Отлична Добра Базова	19 – 25 12 – 18 0 – 11
1.2.	Структура на кода: - Ефективен и добре организиран код; - Код с нужда от оптимизация; - Неефективен и неорганизиран код.	Отлична Добра Базова	11 – 15 6 – 10 0 – 5
2.	Екипна работа и иновативност (35 точки)		
2.1.	Екипна работа: - ефективно разпределение и изпълнение на задачите; - добра координация с някои пропуски; - слаба организация и координация.	Отлична Добра Базова	15 – 20 8 – 14 0 – 7
2.2.	Иновативност: - оригинално и креативно решение; - стандартно решение с творчески елементи; - базово решение без иновации.	Висока Средна Ниска	11 – 15 6 – 10 0 – 5
3.	Документация и представяне (25 точки)		
3.1.	Документация: - изчерпателна и ясна документация; - основна документация с пропуски; - непълна или неясна документация.	Пълна Частична Минимална	11 – 15 6 – 10 0 – 5
3.2.	Презентация: - Ясно представяне и защита; - Адекватно представяне; - Неубедително представяне.	Отлична Добра Слаба	8 – 10 4 – 7 0 – 3

Проект „Судоку“

Учениците са ангажирани със създаването на компютърна програма за играта „Судоку“ с графичен интерфейс, включваща три нива на трудност (лесно, средно и трудно) и функционалности за проверка и подпомагане на решението. За целта обучаемите са организирани в четири екипа, всеки от които съставен от трима до четирима участници, с цел насърчаване на сътрудничеството и развитието на умения за колективно решаване на технически и логически предизвикателства.

Проектът цели да осигури разнообразно образователно въздействие върху учениците, насочено към развитие на програмни, логически и аналитични умения, както и към

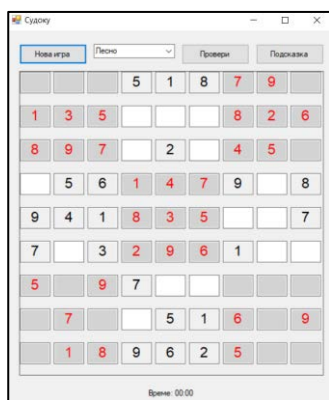
активизиране на креативността и мотивацията чрез екипна работа по реален практически проблем. Основните образователни цели, насочени към учениците, включват:

- ✓ Развитие на умения за програмиране и работа с графични библиотеки, необходими за създаване на интуитивен потребителски интерфейс.
- ✓ Изграждане на способности за логическо мислене чрез използване на двумерен масив за представяне и проверка на игровите данни, което подпомага усвояването на структурирано програмиране и пространствено мислене.
- ✓ Прилагане на подходи за валидиране на решения чрез алгоритми за проверка на редове, колони и подматрици на двумерен масив, което затвърждава аналитичните умения.
- ✓ Придобиване на умения за адаптивност и планиране при настройване на различни нива на трудност, развивайки способностите за работа с комплексност и многозадачност.
- ✓ Усъвършенстване на уменията за решаване на проблеми, повишаване на мотивацията чрез работа по реален проект и стимулиране на креативността чрез дизайн на потребителски интерфейс, което развива аналитично мислене, творчески подход и лична ангажираност.

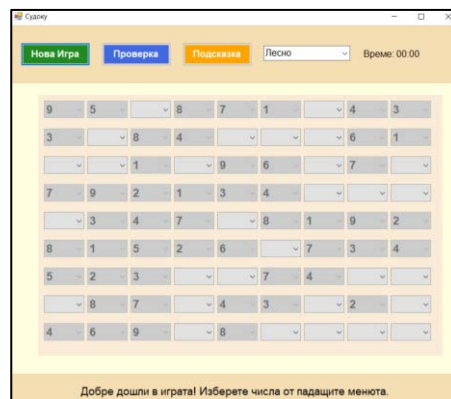
Проектът „Судоку“ е структуриран в четириседмичен времеви график, който обхваща етапите на планиране, разработка, оптимизация, тестване, документация, представяне и оценка.

- Първа седмица: Планиране – дефиниране на изискванията, формиране на екипи, разработване на концепция за интерфейса и основните функции, изготвяне на план за действие и разпределение на задачите.
- Втора седмица: Разработка – изграждане на базов интерфейс, разработка на нивата на трудност и логика за проверка на решенията, интеграция на двумерен масив за съхранение и валидиране на данните.
- Трета седмица: Оптимизация и тестване – оптимизация на логиката на играта, провеждане на функционални тестове, отстраняване на грешки и усъвършенстване на интерфейса.
- Четвърта седмица: Документация, представяне и оценка – финализиране на документацията, подготовка на презентацията и представяне на проекта пред останалите екипи, както и оценка, анализ и обсъждане на резултатите и възможностите за подобрене.

Продуктовите резултати, представени на следващите фигури (фиг. 1-4), илюстрират различията в подхода на отделните екипи при създаването на програма за играта „Судоку“. Някои ученически групи (фиг. 1 и 2) са следвали стриктно зададените изисквания, докато други са разширили функционалността, надграждайки основните цели на проекта (фиг. 3 и 4). Тези различия отразяват способността на учениците да се адаптират и разширяват обхвата на поставените цели, демонстрирайки гъвкавост и творчески подход в разработката.



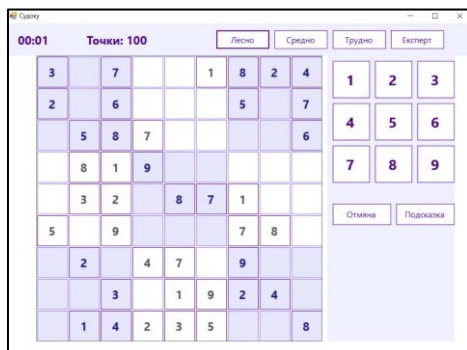
Фигура 1. Първи екип



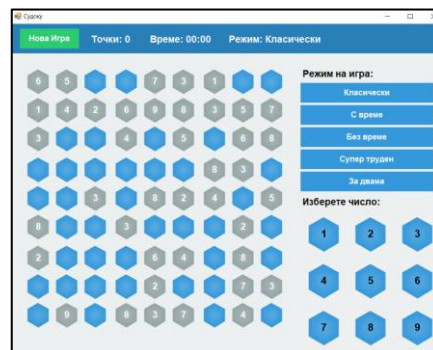
Фигура 2. Втори екип

Крайните резултати от проекта „Судоку“ включват не само разработването на функционираща компютърна програма, но и значителен напредък в личностното развитие и подобряване на образователните постижения. Участниците са придобили практически опит в

програмирането, усъвършенствали са своите умения за екипна работа, увеличили са мотивацията си за учене и са развили увереност в създаването на софтуерни продукти. Тези резултати имат съществено въздействие върху цялостното развитие на учениците, като допринасят за разширяването на техните технически и социални компетентности.



Фигура 3. Трети екип



Фигура 4. Четвърти екип

Проект „Визуално сортиране“

На учениците се възлага по-сложна проектна задача за разработване на компютърна програма с графичен интерфейс, предназначена за визуализация на процесите на сортиране чрез анимирани колони. Крайният продукт трябва да включва функционалности за генериране на случайни набори от данни, избор между различни сортиращи алгоритми (Bubble Sort, Selection Sort и Quick Sort), както и възможност за настройка на скоростта на анимацията. Целта е да се осигури възможност на потребителите да наблюдават динамиката на сортирането при различни скорости, като се предлага забавен или ускорен режим, с цел улесняване на разбирането на динамиката на изпълнението на алгоритмите. Учителят организира учениците в два екипа по пет до шест участника, като всеки екип включва членове с различни умения, което оптимизира разпределението на задачите и стимулира взаимното обогатяване на знанията. Чрез екипната работа се подпомага развитието на аналитични и логически умения при решаване на комплексни проблеми, като същевременно се насърчава повишаването на ангажираността и мотивацията на учениците.

Проектът цели да осигури разнообразно образователно въздействие върху учениците, насочено към развитие на програмни, логически и аналитични умения, както и към стимулиране развитието на личностни качества, социални умения и комуникационни способности чрез работа по реални практически проблеми. Основните образователни цели, насочени към учениците, включват:

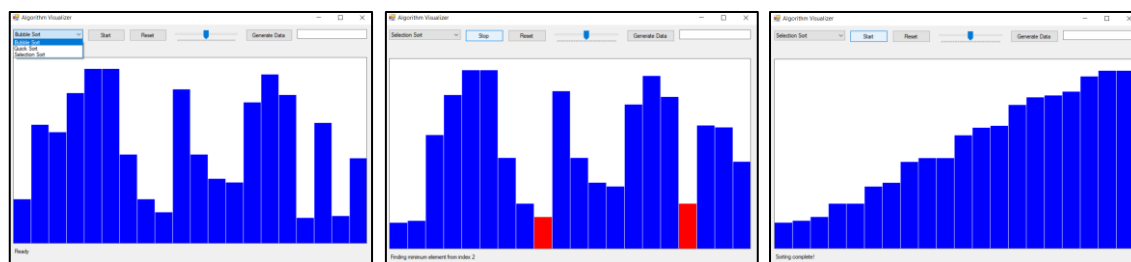
- ✓ Развитие на умения за програмиране и работа с графични библиотеки, необходими за проектиране на функционален и потребителски ориентиран интерфейс.
- ✓ Прилагане на теоретични знания за сортиране чрез имплементиране на различни сортиращи алгоритми и оценка на тяхната ефективност и алгоритмична сложност.
- ✓ Оптимизация на алгоритми и програмен код с цел подобряване на тяхната ефективност, чрез прилагане на техники за ускоряване на сортиращите алгоритми и контролиране на анимационната скорост.
- ✓ Разширяване на познанията за визуализиране на алгоритмични процеси чрез създаване на анимации, които илюстрират стъпките на сортирането и подобряват разбирането на алгоритмичната логика.
- ✓ Повишаване на мотивацията и стимулиране на креативността чрез визуализация на алгоритми, изграждане на увереност при решаване на задачи и създаване на траен интерес към софтуерни разработки.

Проектът „Визуално сортиране“ е структуриран в осемседмичен времеви график, който обхваща етапите на планиране, разработка, тестване, документация, представяне и оценка.

- Първа седмица: Планиране и анализ – дефиниране на изискванията, формиране на екипи, разработване на концепция за интерфейса и основните функции, изготвяне на план за действие и разпределение на задачите.
- Втора седмица: Проектиране на интерфейса и основни функции – проектиране на основната структура на програмата, създаване на интерфейса и функционалност за генериране на случайни набори от данни, подготовка за анимация.
- Трета седмица: Разработка на сортиращи алгоритми – имплементиране на основните алгоритми за сортиране с анимации, първоначална интеграция в програмата и тестове за коректност на работата и визуализацията.
- Четвърта и пета седмица: Интеграция на алгоритмите и анимациите – добавяне на алгоритмите в програмата, настройка на анимацията за визуализиране на процеса на сортиране, тестове на взаимодействието.
- Шеста седмица: Оптимизация на анимацията и допълнителни функции – оптимизация на анимацията, добавяне на възможност за настройка на скоростта и допълнителни функционалности за генериране на различни типове данни.
- Седма седмица: Финализиране на интерфейса и тестове – окончателно оформяне на интерфейса и функционалността, цялостно тестване и коригиране на логически грешки и проблеми с производителността.
- Осма седмица: Документация, представяне и оценка – подготовка на презентация и представяне на функционалностите на окончателния проект, както и оценка, анализ и обсъждане на резултатите и възможностите за подобрене.

Като част от крайните резултати на реализацията на проект „Визуално сортиране“, учениците са усъвършенствали своите умения за проектиране и разработване на интуитивен софтуер, като същевременно са придобили задълбочено разбиране на основните програмни концепции чрез тяхната визуализация. Учащите са приложили креативно мислене при решаването на сложни проблеми и са надградили уменията си за решаване на технологични предизвикателства. В резултат от работата по проекта, учениците са подобрили своите екипни умения и комуникационни способности, което допринася за повишена ефективност в координацията и съвместната работа в групови проекти. Освен това, те са задълбочили разбирането си за алгоритмичните концепции и са развили критично и аналитично мислене, което им позволява да прилагат подходи за решаване на проблеми в реалния свят.

Последващите фигури (фиг. 5 и 6) илюстрират етапите при използването на създадените програми за визуализация на сортирането: генериране на данни, избор на метод за сортиране, проследяване на процеса на сортиране и визуализиране на крайния резултат.



Фигура 5. Визуализация на сортиране – първи екип



Фигура 6. Визуализация на сортиране – втори екип

Финалните разработки на двата екипа (фиг. 5 и 6) илюстрират прилагането на различни творчески подходи за решаване на поставеното предизвикателство, като всяка група успешно постига предварително зададените образователни цели. Първият екип (фиг. 5) е проектирал програма с изчистен интерфейс и семпла цвѐтова схема, което позволява фокусиране върху основните елементи на алгоритмите и лесно проследяване на процеса на сортиране. Този подход е улеснил разбирането на основните принципи на сортирането и е осигурил интуитивно взаимодействие с интерфейса. Вторият екип (фиг. 6) е интегрирал допълнителни функционалности, като включване на различни методи за сортиране и таймер за измерване на времето за изпълнение, което позволява извършването на по-задълбочен анализ на ефективността на различните алгоритми. По-богатата цвѐтова палитра и ясно разграничените колони подобряват визуалната яснота и предоставят по-добра проследимост на отделните стъпки в процеса на сортиране. Този подход е насърчил учениците да експериментират с различни алгоритми и да извършват анализ на тяхната производителност, като по този начин са подобрили своето разбиране за алгоритмичните концепции и визуализацията на данни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектно-базираното обучение стимулира креативността и уменията за решаване на проблеми, като предоставя на учениците възможност да прилагат иновативни подходи и да разработват устойчиви стратегии за справяне със сложни предизвикателства. Решаването на практически проблеми, свързани с програмиране и логическо мислене, изисква учащите да интегрират теоретичните знания с реални ситуации, което повишава тяхната ангажираност и мотивация. Работата в екип допринася за развитието на социални умения, които са от съществено значение за бъдещото им професионално развитие.

Представеният модел за проектно-базирано обучение в профилираната подготовка по информатика, заедно с разработената система за оценяване, доказва своята ефективност чрез успешното реализиране на проекти като „Судоку“ и „Визуално сортиране“. Структурираният подход и обективната система за оценяване създават благоприятни условия за развитие на логическо и критично мислене, способности за програмиране, стимулиране на креативността и усъвършенстване на уменията за решаване на проблеми.

ЛИТЕРАТУРА

- Anazifa, R., and Djukri, D. (2017). Project-based learning and problem-based learning: Are they effective to improve student's thinking skills?. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 346-355.
- Dema, C., and Choden, U. (2024). Impact of Project-Based Learning on Computer Science Education. *Educational Innovation and Practice*, 7(1).
- De Oliveira Biazus, M., and Mahtari, S. (2022). The impact of project-based learning (PjBL) model on secondary students' creative thinking skills. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 1(1), 38-48.
- Ivanova, K., and Karagyozova-Dilkova, D. (2022). Developing skills of the 21-st century through steam project-based learning. *Education and technology*, 13, 214-219.
- Malik, K. M., and Zhu, M. (2023). Do project-based learning, hands-on activities, and flipped teaching enhance student's learning of introductory theoretical computing classes?. *Education and information technologies*, 28(3), 3581-3604.
- Santos, C., Rybska, E., Klichowski, M., Jankowiak, B., Jaskulska, S., Domingues, N., ... & Rocha, J. (2023). Science education through project-based learning: a case study. *Procedia Computer Science*, 219, 1713-1720.
- Sitthiworachart, J. (2024). Effects of Project-based Learning on Students' Learning Performance and Engagement in Computer Science. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(4), 3391-3402.

Zhang, J., Zhang, L., Zhang, G., and Yu, Y. (2024). From Theory to Practice: Project-Based Learning in Computer Science Education. *Frontiers in Computing and Intelligent Systems*, 8(1), 130-133.