STEM CARDS AS A TOOL FOR DEVELOPING DIGITAL AND ALGORITHM COMPETENCES: RESULTS OF PEDAGOGICAL EXPERIMENT

SEVINCH A. MUSTAN

ABSTRACT: *This article presents the results of a pedagogical experiment conducted to investigate the application and impact of using STEM cards in the learning process. The model focuses on active student participation in planning, designing, and evaluating solutions to a given challenge. A total of 123 students from four schools participated in the experiment. Results were assessed using diagnostic tests, and statistical analysis was performed using descriptive statistics and non-parametric tests for comparing results.*

KEYWORDS: *STEM education, STEM cards, digital competencies, algorithmic thinking, lower secondary school*

DOI: https://doi.org/10.46687/MBXY4621

STEM КАРТИТЕ КАТО ИНСТРУМЕНТ ЗА РАЗВИТИЕ НА ДИГИТАЛНИ И АЛГОРИТМИЧНИ КОМПЕТЕНТНОСТИ: РЕЗУЛТАТИ ОТ ПЕДАГОГИЧЕСКИ ЕКСПЕРИМЕНТ[1]

СЕВИНЧ А. МУСТАН

АБСТРАКТ: *Настоящата статия представя резултати от педагогически експеримент, който е проведен с цел да се изследва приложението и ефекта от използването на STEM карти в процеса на обучение. Моделът е насочен към активното участие на учениците при планиране, проектиране и оценяване на решения за поставеното предизвикателство. В експеримента участват общо 123 ученици, разпределени в четири училища. Оценяването на резултатите се извършва с помощта на диагностични тестове. Статистическият анализ на данните се извършва с помощта на описателни показатели и непараметрични критерии за сравнение на резултатите.*

1 Въведение

В съвременното образование обучението все по-често е ориентирано към формиране на умения за практическо приложение на знанията. Също толкова внимание се обръща на развиването на умения за решаване на проблеми, критическо мислене, сътрудничество, работа в екип и използването на дигитални технологии. Тази тенденция е особено ясно изразена в контекста на STEM образованието, което цели „комбиниране на някои или всички от четирите дисциплини - наука, технологии, инженерство и математика - в един клас, модул или урок, който се основава на връзки между предметите и проблеми от реалния свят“ [10].

Същността на STEM подхода се изразява в това, че обучението се трансформира от възпроизвеждане на готови знания към активно участие на учениците в учебния процес. В този контекст важно е „както отделният, така и интегрираният подход да се основава на прилагането на конструктивистки стратегии към обучението, като например подходи,

[1] Настоящата статия е частично финансирана по проект № РД- 08-117/05.02.2026 г.

базирани на проблеми, проекти или проучвания“ [4]. Според авторите Kelley и Knowles „интегрираният подход се стреми да открие връзките между STEM предметите и да осигури подходящ контекст за изучаване на съдържанието. Преподавателите трябва да останат верни на естеството, по което науката, технологиите, инженерството и математиката се прилагат в реални ситуации“ [8]. Практическата и изследователската насоченост на STEM обучението създава условия учениците да бъдат активни участници в процеса на учене, а не само получатели на готова информация. Ješková, Lukác, Šnajder, Guniš, Klein и Kireš също свързват активното учене в STEM с ангажираността на учениците в дейности, основани на проучване, като подчертават, че проектно-базираното обучение е „систематичен метод на преподаване и учене, който ангажира учениците в сложни задачи от реалния свят, водещи до продукт или презентация пред аудитория, позволявайки им да придобият знания и умения, подобряващи живота“ [7].

В прогимназиалния етап подобна организация на обучението има потенциал да подпомогне развитието на логическото и алгоритмично мислене, уменията за планиране и анализиране на действия, както и уменията за работа в екип.

В българския образователен контекст развитието на STEM обучението е свързано и с необходимостта от разработване на подходящи учебни ресурси. Горанова, Войноховска и Смрикаров разглеждат подготовката за създаване на STEM ресурси, като важна компетентност на бъдещите учители и акцентират върху изследователския подход при разработването на такива ресурси. Те отбелязват, че още по време на обучението си „бъдещите учители да са запознати с концепцията на STEM обучението и да са подготвени за създаване STEM ресурси и уроци, като прилагат синергетично придобитите компетенции от обучението по природни и педагогически дисциплини“ [1][1]. В тази посока Желязкова и Николова разглеждат връзката между STE(A)M обучението и дигиталната компетентност и посочват значението на практическата работа с технологии за развитието на уменията на обучаемите. Те отбелязват, че с прилагането на STE(A)M подхода се „надграждат знания и умения от всички области на дигиталната компетентност“ и според авторите това са: информация и грамотност на данни; комуникация и сътрудничество; създаване на дигитално съдържание; безопасност и решаване на проблеми.

В рамките на дисертационно изследване е разработен авторски визуален модел с използване на STEM карти. Обучението по този модел е предназначен да подпомага структурирането на учебната дейност и насочване на учениците през отделните етапи от решаването на поставено предизвикателство. Тези етапи са: проучване, планиране, моделиране, проектиране, програмиране, практическа реализация и рефлексия. Разработеният модел е приложен в реална училищна среда чрез STEM проекти.

Настоящата публикация има за цел да представи резултатите от експерименталната проверка на ефективността на разработения модел и установяване дали приложението е свързано с промяната в резултатите на учениците.

2 Визуален STEM модел за обучение

Авторският модел е разработен за ученици от 5–7 клас и е съобразен, както с възрастовите особености на обучаемите, така и с характера на учебното съдържание по Компютърно моделиране и информационни технологии.

Основната идея е учебната дейност да бъде организирана около *реално* или *практически ориентирано предизвикателство*, което изисква от учениците да приложат знания и умения от повече от една STEM област. Това е съществено за STEM обучението, тъй като интеграцията между различните дисциплини се реализира най-естествено при решаването на практически проблем.

Важен елемент на модела е визуалната организация на информацията. Вместо дълго текстово описание учениците получават структурирана визуална информация, която им позволява по-бързо да се ориентират в целта на задачата, необходимите ресурси, както и информация за тях.

Използването на STEM карти в учебния процес създава подходяща среда за прилагане на изследователския подход, тъй като те изпълняват две взаимосвързани функции – от една страна, предоставят необходимата опора за започване на работа, а от друга, не определят единственото възможно решение. Това позволява учениците да експериментират и да разработват собствени решения. Също така подпомагат за разбирането на междупредметните връзки, визуалното представяне на материала, за по-лесното разбиране на сложни или абстрактни понятия, за дълготрайното запомняне, ангажиране на вниманието на учениците, повишаване на мотивацията за учене и стимулиране на интереса към образователните технологии и програмирането.

Методическата организация е свързана и с теорията за когнитивното натоварване. Както е посочено в дисертационния труд „инструкционният дизайн може да се използва за намаляване на ненужното когнитивно натоварване и по този начин за улесняване на ученето“ [11] и така вниманието на ученика се насочва към същинското решаване на проблема.

Ролята на учителя в модела се променя от основен източник на готова информация към организатор и консултант на учебния процес. Това позволява учениците постепенно да поемат по-голяма отговорност за планирането, изпълнението и усъвършенстването на своите решения.

Красимир Харизанов също разглежда STEM средата, като „мястото, където учениците могат да приложат знанията си, използвайки наличните ресурси и оборудване“ [6]. В този смисъл STEM картите могат да се разглеждат като допълващ дидактически ресурс, който структурира използването на технологичните възможности на STEM средата.

3 Проект „Почвен анализатор“

За представяне на модела в настоящата статия е избрана картата на проекта „Почвен анализатор“, която е част от проектите, използвани при педагогическия експеримент (Фигура 1).

Предизвикателството е свързано със създаване на интелигентна система за проследяване на влажността на почвата. За целта учениците трябва да определят критичната стойност между суха и влажна почва.

Картата е организирана в четири основни модула: *Задача, Компоненти, Препятствия* и *Решение*. В модул „Компоненти“ са представени илюстрации на сервомотор, платките *Micro:bit* и *Arduino*, сензор за влажност, макетна платка, сензорна платка и кабели за свързване и захранване.



Фигура 1: STEM карта на проект "Почвен анализатор"

За изпълнението на проекта се използват платка *Micro:bit*, сензор за влажност, кабели за свързване и USB кабел или батерия (Фигура 2). Учениците трябва да анализират получените стойности, да определят подходяща гранична стойност и да реализират алгоритъм за действие на системата.



Фигура 2: Проект "Почвен анализатор"

Задачата позволява интегриране на знания и умения от Компютърно моделиране и информационни технологии, Физика и астрономия и Биология и здравно образование. Работата по проекта допринася за преодоляване на формализма при изучаването на променливи величини; развитието на умения за калибриране и определяне на критични точки; разбирането на това, как технологиите помагат за устойчивото развитие на планетата.

Другите проекти, които са използвани в педагогическия експеримент са „Воден оператор“, „Термо-контрол“ и „Дъждовен страж“.

4 Цел и хипотеза на изследването

Целта на педагогическото изследване бе да се разработи модел за обучение, който да се апробира в реална училищна среда, който да повиши нивото на дигиталните и алгоритмични компетентности на учениците, като ги трансформира от пасивни слушатели в активни участници в учебния процес.

Хипотезата на педагогическото изследване бе, че се допуска, че интегрирането на авторския модел, който е базиран на обучение чрез използване на STEM карти, в

прогимназиален етап, ще доведе до повишаване на резултатите на учениците, ефективното развиване на STEM компетентностите, засилване на интереса, алгоритмичното и инженерно мислене, уменията за работа в екип, както и формиране на умения за практическо прототипиране и програмиране.

5 Организация и методика на педагогическия експеримент

Педагогическият експеримент е проведен в четирите училища СУ „Сава Доброплодни“ в гр. Шумен, СУ „Христо Ботев“ в с. Ветрино, СУ „Св. Климент Охридски“ в гр. Дългопол и СУ „Панайот Волов“ в гр. Каспичан. Общият брой на учениците, взели участие в експеримента, е 123, като 62 от тях бяха в експериментална група и 61 – в контролна.

Експериментът е организиран в последователни етапи, които включват подготовка, констатиращо измерване, същински експеримент, контролно измерване и статистически анализ на получените резултати. Констатиращото измерване имаше за цел да установи изходното равнище на знанията и уменията и да позволи съпоставяне на двете групи, докато контролното измерване позволи да се проследи динамиката в знанията и уменията на учениците след проведения експеримент.

За измерването на резултатите са използвани резултатите от диагностичните тестове, които са свързани с учебното съдържание по „Компютърно моделиране и информационни технологии“. Тестовете съдържаха по 20 въпроса, като общият брой точки от тестовете е 22. Резултатите се преобразуват по шестобалната система: 0-6 точки е Слаб (2), 7-11 точки – Среден (3), 12-16 точки – Добър (4), 17-19 точки – Много добър (5) и 20-22 точки – Отличен (6).

За статистическата обработка на данните са използвани непараметрични критерии, подходящи за сравнение на резултатите. Критерият на Man-Whitney [9] е използван за сравнение на независими извадки, каквито са експерименталната и контролната група, а критерият на Wilcoxon [12] е използван за сравнение на зависими извадки, каквито са оценките на един и същи ученик от двата теста. Също така при анализа е използвана и промяната в резултата на всеки ученик: Δ=контролно измерване – констатиращо измерване. Този показател позволява да бъде проследено не само равнището на резултатите, но и тяхната динамика.

Статистическият анализ е организиран в три етапа като се формулират следните хипотези:

- ***съпоставимост на двете групи при констатиращо измерване:***
  - **H0** – няма статистически значима разлика между резултатите на двете групи при входното измерване;
  - **H1** – съществува статистически значима разлика между резултатите на двете групи при входното измерване.
- ***съпоставимост на двете групи при контролното измерване:***
  - **H0 –** няма статистически значима разлика между резултатите на двете групи при изходното измерване;
  - **H1** – съществува статистически значима разлика между резултатите на двете групи при изходното измерване.

- ***анализ на промяната:***
  - **H0 –** няма статистически значима разлика между резултатите при констатиращото и контролното измерване;
  - **H1 –** съществува статистически значима разлика между резултатите при констатиращото и контролното измерване.

Изборът на диагностични тестове е съобразен с необходимостта от количествено проследяване на резултатите. В същото време, както отбелязват Калоянова и Папанчева, относно оценяването на STEM компетентностите „съществува голямо разнообразие от тълкувания на подходите за измерване и оценка на STEM компетентностите; липсват единни критерии за измерване на STEM компетентности; съществуващите рамки и системи се отнасят да различни аспекти на оценяването на STEM компетентностите и рядко предлагат конкретни инструменти за оценка “ [3]. Поради тази причина настоящият експеримент разглежда резултатите от тестовете, като *показател за динамиката на учебните постижения*, а не като изчерпателно измерване на всички аспекти на STEM компетентностите.

6 Резултати от педагогическия експеримент

Резултатите от констатиращото измерване показват близки изходни равнища на експерименталната и контролната група. Това позволява последващото сравнение да бъде извършено върху съпоставими групи.

След приключване на експерименталното въздействие се установява положителна динамика в резултатите на учениците от експерименталната група. Средната оценка на експерименталната група се увеличава от *Добър 4,42* при констатиращото измерване до *Много добър 5,08* при контролното измерване. При контролната група средната оценка се изменя от *Добър 4,23* до *Добър 4,36*. Така средната промяна е +0,661 за експерименталната група и +0,131 за контролната група. Тези данни показват различна динамика на резултатите в двете групи.

Според получените резултатите преди експеримента не съществува статистически значима разлика между двете групи и **не се отхвърля нулевата хипотеза H0**.

Таблица 1: Основни резултати при сравнение с критерия на Mann-Whitney

	Емпиричн о *U*	Стандартизиран а *Z* стойност	Статистическ а значимост - *p*	Размер на ефекта - *r*
Констатиращо измерване	1707,00	-0,954	0,340	0,086
Контролно измерване	1284,50	-3,209	0,001	0,289

При сравнение на резултатите от контролното измерване чрез критерия на Mann–Whitney се установява статистически значима разлика между двете групи, с което се отхвърля нулевата и **се приема алтернативната хипотеза H1** (Таблица 1).

Допълнителна проверка е направена чрез критерия на Wilcoxon, като се установи, че в експерименталната група има 39 ненулеви разлики, а в контролната – 24.

Таблица 2: Основни резултати при сравнение чрез критерия на Wilcoxon

	Тестова статистика на Wilcoxon - *W*	Статистическ а значимост - *p*	Извод
ЕГ: преди/след	68	<0,001	Има статистически значима разлика

КГ: преди/след	115,5	0,296	Няма статистически значима разлика

Размерът на ефекта е r≈0,289 и според границите, определени от Jacob Cohen [5], е умерен (Таблица 2). Този умерен ефект е в известна степен очакван, тъй като учениците в прогимназиален етап традиционно проявяват интерес към съдържание, свързано с компютърните технологии и практическата работа по Компютърно моделиране и информационни технологии. Въпреки това, резултатите показват по-голяма положителна динамика именно в групата, в която е приложен авторският модел. Тези резултати са и в съответствие с наблюденията по време на експерименталното въздействие.

Особено значение има модулът „Препятствия“, който насочва учениците към анализ на грешките и търсене на корекции. По този начин грешката се превръща от краен неуспех в част от процеса на проектиране и усъвършенстване.

Получените резултати се вписват в разбирането за активно STEM обучение, при което учениците участват в изследователски и практически дейности, а не само възприемат готово учебно съдържание.

7 Заключение

Резултатите от проведения педагогически експеримент дават положителна оценка за ефективността на авторския модел, подкрепят изследователската хипотеза и показват, че прилагането на авторския модел е свързано с по-голямото подобрение на резултатите на учениците от експерименталната група. Все пак следва да отбележим, че извадката е малка, а динамиката в развитието на технологиите и промяната в нагласите на учениците са фактор катализиращ постоянната промяна на подходите, методите и средствата, използвани в съвременното обучение.

Разработеният модел с използване на STEM карти има потенциал за практическо приложение при организиране на STEM дейности. Бъдещите изследвания могат да разширят оценката на модела чрез включване на допълнителни показатели за STEM компетентности, алгоритмично и дигитално мислене, работа в екип, мотивация за учене и устойчивост на постигнатите резултати.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Горанова, Е. Войноховска, В., Смрикаров, А., Изграждане на компетенции за разработване на STEM обучителни ресурси у бъдещите учители по природни науки, Стратегии на образователната и научната политика, Образование в информационното общество, **32, 5s** (2024), 152-160.

[2] Желязкова, М., Николова, М., Връзката на STE(A)M обучението и дигиталната компетентност на учителите, Е-списание „Педагогически форум“, **1** (2024), 22-30.

[3] Калоянова, Н., Папанчева, Р., Тенденции в оценяването на STEM компетентности – методика и технологии, Образование и технологии, **15, 1** (2024), 7-13.

[4] Barron, B., Darling-Hammond, L., Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning, Powerful Learning: What We Know About Teaching for Understanding. San Francisco, CA: Jossey-Bass/Wiley, (2008).

[5] Cohen, J., Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences, Second edition, Department of Psychology, New York University, New York, (1988), 1-579.

[6] Harizanov, Kr., Methodological guidelines for the organization and conduct of STEM training, Annual of Konstantin Preslavsky University of Shumen, Vol. XXV C, (2024), 53-56.

[7] Ješková, Z., Lukác, S., Šnajder, L., Guniš, J., Klein, D., Kireš, M., Active Learning in STEM Education with Regard to theDevelopment of Inquiry Skills, Education science, **12** (2022), 1-22.

[8] Kelley, T. R., Knowles, J. G., A conceptual framework for integrated STEM education. International Journal of STEM education, **3, 11 (**2016), 1-11.

[9] Mann, H. B., Whitney, D. R., On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other, The Annals of Mathematical Statistics, **18,1** (1947), 50–60.

[10] Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A., Roehrig, G., Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education, Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices, 35-60.

[11] Sweller, P., Renkl, A., Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design, Learning and Instruction, **4, 4** (1994), 295-312.

[12] Wilcoxon, F., Individual comparisons by ranking methods, Biometrics Bulletin, **1,6** (1945), 80–83.

Севинч Айдин Мустан
ШУ „Епископ Константин Преславски“, ФМИ, катедра „Алгебра и геометрия“
ORCID ID: 0009-0000-8823-3439
E-mail: s.mustan@shu.bg