

---

## **AI като инструмент за ученика в PBL и моделирането – емпирична валидация на дидактически модел за активно обучение по изкуствен интелект в технологичното образование**

**Георги Георгиев**

Шуменски университет „Епископ Константин Преславски“, Шумен, България

ORCID: 0009-0009-9581-3787

---

**Резюме:** Интеграцията на изкуствения интелект (ИИ) в средното образование все по-осезаемо се очертава като стратегически приоритет, но съществуващите подходи често се фокусират върху теоретични знания за ИИ, а не върху активното му приложение. Моделът – "AI като инструмент за ученика (PBL и моделиране)" е описан в колективна монография като теоретична дидактическа рамка. Настоящата статия го представя не като повторение, а като надграждане с емпирична стойност. Тук моделът не само се описва, но и се апробира, реализира и оценява в реална училищна среда. Той трансформира ИИ от средство за автоматизация в инструмент за усвояване на компетентности в симбиоза със STEM подхода. Моделът се операционализира чрез четири последователни фази: дефиниране на проблема, събиране на данни, анализ с ИИ и моделиране/решение. Методическите насоки за реализация са изведени от пилотно проучване, проведено в ВМГ „Свети Николай Чудотворец“ – Варна (ВМГ), в рамките на учебния предмет "Основи на изкуствения интелект" за ученици от специалност "Компютърна техника и технологии". Пилотното внедряване интегрира IoT сензори за температура и влажност (ESP8266 с DHT22, unihiker K10) с MIND Link връзка към ИИ модел. Резултатите от 48 участващи ученици (12 екипа) показват средна точност на ML модела от 87%, 94% ученическа ангажираност и 62% самооценено подобрене в приложните AI умения (t-тест за сдвоени извадки,  $p < 0,001$ ). Статията заключава, че моделът е не само теоретично описан, а вече апробиран. Успешно развива приложни AI компетентности, стимулира критичното мислене и подготвя учениците за професионална реализация в областта на ИИ, IoT и науката за данни. Резултати са постигнати при условие че са осигурени системна квалификация на учителите и институционална подкрепа.

**Ключови думи:** Изкуствен интелект, проектно-базирано обучение, STEM образование, интернет на нещата, машинно обучение, дидактически модел, технологично образование, ИИ като инструмент, учене с ИИ, пилотно внедряване, PBL.

---

### **1. Увод**

Интеграцията на изкуствения интелект (ИИ) в средното образование се налага като необходимост, а не като мода. Икономиката, индустрията и социалната среда все по-отчетливо разчитат на ИИ-базирани решения – от предиктивна диагностика до генеративен дизайн [17]. В този контекст образователните системи не могат да останат пасивни наблюдатели. Те са призвани да подготвят младите хора не просто да разбират ИИ, а да работят с него.

Традиционните учебни програми [1] обаче често третират ИИ като обект на теоретично изучаване – неговата история, основни алгоритми, етични дилеми. Учениците рядко получават възможност сами да събират данни, да тренират модели или да интерпретират резултати от машинно обучение в контекста на реални проблеми [18]. Така обучението по ИИ рискува да остане книжно, откъснато от практическите компетентности, които ще се изискват в бъдещата им професионална реализация.

В отговор на този пропуск, в настоящата статия се представя дидактически модел, наречен „AI като инструмент за ученика (PBL и моделиране)“. Моделът е описан първоначално в колективна монография на автора [4] като теоретична рамка. За разлика от монографията обаче, тук той не се повтаря, а се надгражда с емпирична стойност. Представени са резултати от реално пилотно внедряване, анализ на данни и изводи за приложимостта му.

За разлика от подходите, при които ИИ подпомага учителя (например чрез генериране на материали или автоматизирано оценяване), този модел поставя ИИ директно в ръцете на обучаемия. Той интегрира проектно-базираното обучение (PBL) със STEM подхода, като акцентът пада върху учене чрез правене [2] – събиране на реални данни, анализ с ИИ и генериране на решения.

Статията има следните цели:

- да опише структурата и педагогическите фази на модела;
- да представи методически насоки за неговото реализиране в училищна среда;
- да предостави емпирични резултати от пилотно внедряване в ВМГ.

По този начин моделът преминава от теоретично описание в монографията към апробиран и емпирично валидиран инструмент за активно обучение по ИИ в технологичното образование.

## 2. Обект и предмет на изследване

**Обект на изследването** е процесът на преподаване и учене на изкуствен интелект в средното технологично образование, включително съществуващите учебни програми, дидактически методи и технологичната инфраструктура (хардуер, софтуер, IoT устройства, ИИ платформи), които подпомагат или пречат интеграцията на ИИ.

**Предмет на изследването** е моделът – "AI като инструмент за ученика (PBL и моделиране)" – дидактически модел, структуриран в четири фази: дефиниране на проблема, събиране на данни, анализ с ИИ и моделиране/решение. Моделът интегрира проектно-базираното обучение, реални данни (от IoT сензори или отворени бази данни) и инструменти за машинно обучение (Google Teachable Machine, Python с Pandas и Matplotlib, Tinkercad Codeblocks).

Моделът функционира на следния принцип: на учениците се представя комплексен STEM казус, който изисква анализ на данни (например оптимизация на енергийната консумация). Те събират реални данни, обработват ги с инструменти за машинно обучение, изграждат прогнозен модел и генерират решение – прототип, визуализация или управляващ алгоритъм. Учителят действа като фасилитатор, а не като лектор.

Моделът имплицитно следва концепцията на Виготски за зоната на най-близко развитие [13], тъй като ИИ поема задачи, които са малко над актуалното ниво на ученика, но с подкрепата на системата те стават изпълними.

**Характерни недостатъци на съществуващата практика** (идентифицирани преди внедряването на модела):

- липса на активно, практическо приложение на ИИ в средното образование;
- теоретично обучение по ИИ, откъснато от реални данни и физически устройства;
- недостатъчна квалификация на учителите за интегриране на IoT и машинно обучение в проектно-базираното обучение;
- отсъствие на структурирани, възпроизводими дидактически модели за ИИ като инструмент за ученика.

## 3. Цел на изследването

Въз основа на идентифицираните недостатъци на съществуващата практика е изведена основната цел на изследването : Да се разработи и емпирично валидира модел – „AI като

инструмент за ученика (PBL и моделиране)“ – по отношение на неговата осъществимост, въздействие върху ученическата ангажираност и ефективност за развиване на приложни AI компетентности.

Педагогическият подход, заложен в модела, е проектно-базираното обучение (PBL) с интеграция на ИИ във всяка фаза – от дефиниране на проблема, през събиране и анализ на данни, до генериране на решение и неговата оценка. По този начин ИИ престава да бъде отделна тема и се превръща в естествена работна среда, в която учениците усвояват знания и умения чрез практическа дейност.

**Очакваните ползи** от прилагането на модела са предварително дефинирани:

1. Моделът насърчава развиването на приложни AI компетентности – способността за избор, адаптиране и прилагане на подходящи ИИ методи към конкретни проблеми от дадена област. За разлика от чисто теоретичното обучение, тук учениците действително тренират модели, обработват данни и интерпретират резултати.

2. Чрез работа по автентични, реални казуси (например оптимизация на енергийната консумация или мониторинг на климатични условия), моделът предоставя възможност за решаване на проблеми, които имат значение извън класната стая. Това повишава както мотивацията, така и усещането за смисленост на учебния труд.

3. Включването на ИИ в процеса на вземане на решения стимулира критичното мислене и креативността. Учениците не приемат резултатите, генерирани от ИИ, като безспорни – те ги оценяват, сравняват с алтернативи и ги подобряват. Това развива способността за обосноваване оценка на автоматизирани решения и за творческо търсене на по-добри варианти.

4. Моделът подготвя учениците за професионална реализация в областта на ИИ, интернет на нещата (IoT) и науката за данни. Уменията, които те придобиват – работа със сензори, програмиране на микроконтролери, анализ на данни с Python, създаване на ML модели и визуализация на резултати – са сред най-търсените на съвременния технологичен пазар на труда.

**За реализиране целите на емпиричното изследване са формулирани следните задачи:**

1. Да се дефинират четирите фази на модела (дефиниране на проблема, събиране на данни, анализ с ИИ, моделиране/решение) с ясни методически насоки за учителите.

2. Да се реализира пилотна версия на модела в реална училищна среда, използвайки IoT сензори за температура и влажност.

3. Да се измерят ученическата ангажираност, точността на прогнозния модел и самооцененото подобрене на уменията.

4. Да се идентифицират основните предизвикателства и ограничения на модела и да се предложат стратегии за тяхното смекчаване.

#### 4. Анализ на литературата

Теоретичната рамка на изследването се основава на теорията за когнитивното натоварване [12][11]. Според нея, когато учениците са изложени на прекомерно количество нова информация без подходяща подкрепа, настъпва когнитивно претоварване, което възпрепятства ученето. Предложеният модел намалява когнитивното натоварване чрез структуриране на дейността във фази и пренасяне на рутинните изчислителни задачи върху ИИ.

Сходни дидактически подходи за интегриране на ИИ в средното образование са предложени в международен план. Инициативата AI4K12 [5] очертава пет големи идеи за ИИ в K-12 образованието, но не предоставя напълно операционализиран PBL модел с IoT интеграция. Конструктивисткият подход на Papert (1980) [6] и теорията на Piaget за активното конструиране на знание [7] дават теоретичната основа за учене чрез практически проекти. Концепцията на Polanyi за имплицитно знание (1966) [8] обосновава използването на неявни, практико-базирани възможности за учене. Няколко скорошни изследвания описват

използването на Google Teachable Machine и Python за образователни ML проекти [9][10], но нито едно от тях не предлага структуриран четирифазов модел с интеграция на IoT сензори, изрично разпределение на ролята и емпирична валидация в българска средноучилищна среда. Настоящата статия запълва този пропуск, представяйки модела с пилотни резултати, които трансформират изкуствения интелект (ИИ) от средство за автоматизация в инструмент за усвояване на компетентности в симбиоза със STEM подхода. Това означава, че ИИ не се разглежда като крайна цел на обучението, а като средство, чрез което учениците развиват своите способности за анализ, моделиране и решаване на комплексни проблеми. Интерес представлява модела на циклична конвергенция „STEM – READY“, в който няма рязко разграничение между отделните компоненти на STEM обучението [3]

Освен цитираните изследвания, съществува богата литература за проектно-базираното обучение и компютърното мислене. Blikstein (2013) [14] анализира ролята на дигиталното производство (FabLab) за STEM обучението, което кореспондира с използването на IoT сензори и микроконтролери в настоящия модел. Kafai & Burke (2014) [15] и Resnick et al. (2009) [16] подчертават значението на програмирането за развитието на алгоритмично мислене у учениците – компетентност, която е фундаментална за работата с ИИ.

В областта на изкуствения интелект в образованието, Luckin et al. (2016) [17] представят убедителни аргументи за интегрирането на ИИ в училищната практика, а Holmes, Bialik & Fadel (2019) [18] анализират както обещанията, така и предизвикателствата пред ИИ в обучението. Тези източници допълват теоретичната основа на настоящото изследване и го поставят в по-широк международен контекст.

Приложенията на ИИ в рамките на модела обхващат няколко основни направления:

- **обработка и анализ на големи масиви от данни (big data)** – учениците се запознават с методи за събиране, почистване и структуриране на данни от сензори или отворени източници;
- **симулация и прогнозиране на физически или технически процеси** – чрез машинно обучение те изграждат модели, които предвиждат бъдещи състояния на дадена система;
- **генеративен дизайн** – учениците използват ИИ за генериране на множество варианти за решение, от които избират най-ефективния;
- **оптимизация на параметри в инженерни проекти** – ИИ помага за намиране на най-добрите стойности на ключови променливи, без да се налага изчерпателно тестване на всички възможни комбинации.

По този начин моделът се насочва към развиване на приложни AI умения – т.е. способността за избор, адаптиране и прилагане на подходящи ИИ методи към конкретни проблеми от дадена област. Учениците не просто научават какво е машинно обучение, а тренират модели, интерпретират резултати и вземат решения въз основа на тях.

## 5. Методи на изследване

Изследването използва **дизайн-базиран подход**, съчетаващ разработване на модел, пилотно внедряване и смесена оценка.

**Участници:** 48 ученици (12 екипа от 3–4 души) от ВМГ, специалност "Компютърна техника и технологии", в рамките на учебния предмет "Основи на изкуствения интелект".

**Хардуер и софтуер:** Микроконтролери ESP8266 със сензори за температура и влажност DHT22; Unihiker K10; Python 3.9 с библиотеките Pandas, Matplotlib и Scikit-learn; Google Teachable Machine; Tinkercad Codeblocks; MIND Link middleware за предаване на данни.

**Процедура:** Внедряването следва четирите фази на модела (дефиниране на проблема, събиране на данни, анализ с ИИ, моделиране/решение) в рамките на 10 учебни часа (3 седмици). Екипите събират реални данни от сензори (две седмици), тренират прост ML модел за прогнозиране на влажността въз основа на температурата и часа на денонощието, генерират дизайн или управляващ алгоритъм и представят резултатите.

### Инструменти за събиране на данни:

- предварително и последващо анкетно проучване на учениците (самооценка на уменията за работа с ИИ, 5-степенна скала на Ликерт);
- измерване на точността на модела (прогностична грешка, по екипи);
- дневници на наблюдение от учителя (екипна работа, технически затруднения, използвано време);
- рубрика за оценка на крайния проект (функционалност, качество на презентацията, обоснованост на решенията).

**Методи на анализ:** Дескриптивна статистика (средна точност, процент на ангажираност); t-тест за сдвоени извадки за оценка на подобрението на уменията; качествен анализ на дневниците за наблюдение и на ученическите презентации. Преди да започне събирането на данни е необходимо IoT сензорите да се инсталират. Част от работния процес е показан на фиг. 1



**Фигура 1.** Ученици инсталират IoT сензори за събиране на данни ВМГ – Варна.

### Методически стъпки за реализация на модела (за учители):

**Стъпка 1: Подготовка на учителя** – избор на реален STEM казус, избор на подходящи ИИ инструменти, осигуряване на хардуер при необходимост, разработване на инструкционни материали и критерии за оценка.

**Стъпка 2: Организация на учениците** – разделяне на екипи (3–4 души), разпределяне на роли (ръководител, анализатор, програмист, презентатор), определяне на крайни срокове и междинни контролни точки.

**Стъпка 3: Пофазова реализация** – групово дискусия (дефиниране на проблема); осигуряване на достъп до сензори или отворени бази данни (събиране на данни); провеждане на мини-уроци по Python/Pandas/Teachable Machine (анализ с ИИ); подпомагане на интерпретацията и финална презентация (моделиране и решение).

**Стъпка 4: Оценяване** – формиращо оценяване (непрекъснато наблюдение) и сумиращо оценяване (краен прототип, визуализация или прогнозен модел, както и презентация).

## 6. Резултати от изследването

Пилотното внедряване на модела показва следните резултати отразени в таблица 1

**Таблица 1.** Обобщение на резултатите от пилотното внедряване

Показател	Резултат
Брой участвали ученици	48
Брой екипи	12
Средно време за изпълнение на проекта	10 учебни часа (3 седмици)
Точност на ML модела (средна за всички екипи)	87% (диапазон 84% – 91%)
Ученическа ангажираност (висок или много висок интерес)	94% (45 от 48 ученици)
Самооценено подобрене на уменията (преди/след, "способност за прилагане на ИИ към реални данни")	+62% ( $p < 0,001$ , t-тест)
Екипи, създали работещ прототип	11 от 12

Получените количествени и качествени данни от пилотното внедряване са обработени чрез комбинация от дескриптивен статистически (средни стойности, проценти, диапазони) и качествен анализ на отворените въпроси в анкетното проучване, наблюденията на учителите и финалните презентации на екипите. За оценка на самооценката на учениците за подобрене на уменията преди и след реализацията на модела е използван t-тест за сдвоени извадки (paired samples t-test), който потвърди статистическата значимост на промяната ( $p < 0,001$ ). Всички данни са анонимизирани и обработени със съгласието на участниците и ръководството на гимназията.

**Точност на ML модела (87%, диапазон 84–91%).** Средната точност от 87% при прогнозиране на влажността въз основа на температурата и часа на денонощието показва, че учениците успешно са усвоили основните стъпки при създаване на модел за машинно обучение – от подготовка на данните, през избор на алгоритъм (линейна регресия), до трениране и тестване на модела. Дори най-ниската стойност в диапазона (84%) надвишава прага от 80%, който в образователен контекст се приема като индикатор за функционална приложимост на модела. Екипът с най-ниска точност (84%) отчита като основна причина непълни данни от един от сензорите поради временна загуба на свързаност – проблем, който сам по себе си е ценен урок за значението на качеството на данните. Екипът с най-висока точност (91%) прилага допълнително почистване на данните чрез премахване на outlier-и – практика, която демонстрира задълбочено разбиране на процеса по подготовка на данните.

**Ученическа ангажираност (94%).** Високото ниво на ангажираност (45 от 48 ученици определят интереса си към проекта като „висок“ или „много висок“) се дължи на няколко фактора, които са идентифицирани чрез анализа на отворените въпроси в анкетата:

- учениците посочват работата с реални физически устройства (сензори, микроконтролери) като силен мотиватор, защото резултатите не са абстрактни, а пряко измерими;
- приложната насоченост на казуса (оптимизация на климатичния комфорт) е възприета като лично значима;

- екипната работа и възможността за самостоятелно вземане на решения в различните фази на модела повишават чувството за собственост върху проекта.

**Усвоени умения и материални резултати.** Формирането на компетентности е оценено чрез три източника:

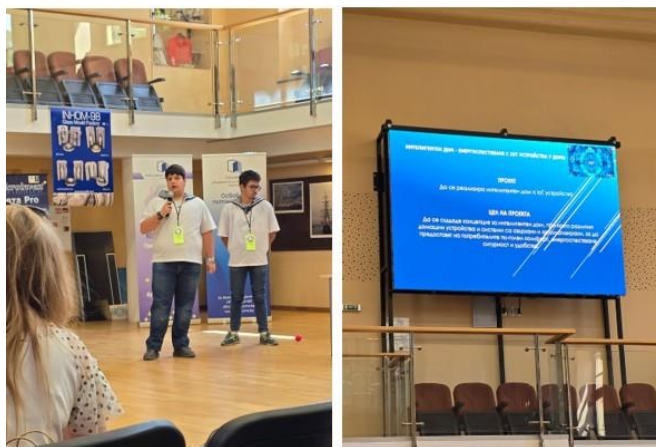
1. Пряко наблюдение на учителите по време на всяка фаза.
2. Проверка на междинните резултати (код, визуализации, ML модел).
3. Финалната презентация пред клас. 11 от 12 екипа създава работещ прототип, което означава, че са успели да извършат пълния цикъл – от дефиниране на проблема до генериране на конкретно решение.

Един екип не успя да завърши прототипа поради технически проблеми с микроконтролера, но представи пълна документация и симулация на решението, което също е прието като успешен резултат.

**Самооценка за подобрение на уменията (+62%, t-тест,  $p < 0,001$ ).** Учениците оценяват способността си да прилагат ИИ към реални данни по 5-степенна скала на Ликерт (1 – напълно не съм съгласен, 5 – напълно съм съгласен) преди и след проекта. Средната стойност преди проекта е 2,1 („по-скоро не“), а след проекта – 3,4 („по-скоро да“), което представлява увеличение от 62% спрямо изходното ниво. Т-тестът за сдвоени извадки потвърждава, че тази разлика не се дължи на случайност ( $p < 0,001$ ). Това означава, че учениците субективно усещат значително повишаване на своята компетентност, което корелира с обективните резултати (точност на модела, завършен прототип).

**Констатирани трудности.** Анализът на трудностите разкрива две основни групи проблеми, които следва да бъдат адресирани в бъдещи внедрявания. Първата група е свързана с хардуерното програмиране – около 30% от учениците срещнаха затруднения при първоначалното конфигуриране на ESP8266 и свързването му с Wi-Fi мрежа. Тези затруднения са преодолени чрез допълнителна подкрепа от преподавателя и по-опитни съученици. Втората група трудности е концептуална – разбирането на разликата между трениране и тестване на ML модел, както и интерпретацията на метриците за точност. Това сочи, че в бъдещи реализации на модела следва да се отдели допълнително време за онагледяване на тези абстрактни концепции, например чрез визуални симулации.

**Статистическа значимост.** Получените резултати, макар и ограничени до една пилотна група ( $n=48$ ), показват последователна положителна тенденция. Установената статистическа значимост ( $p < 0,001$ ) за самооценката на уменията и високият процент на завършени прототипи (91,7%) дават основание да се твърди, че моделът е не само теоретично обоснован, но и практически приложим в реална училищна среда. Разбира се, необходими са последващи изследвания с по-голяма извадка и контролни групи, за да се потвърди външната валидност на резултатите.



**Фигура 2.** Екипна презентация на решението за климатичен мониторинг на базата на ИИ (ВМГ – Варна).

## 7. Перспективи за по-нататъшно развитие на изследването

Предложеният модел „AI като инструмент за ученика (PBL и моделиране)“ е обещаващ за по-нататъшно развитие, защото трансформира ИИ от теоретичен предмет в практическа, проектно-ориентирана компетентност. Ниските хардуерни разходи и безплатният софтуер го правят достъпен дори за училища със скромни бюджети. Моделът може да бъде разширен към други дисциплини: мониторинг на околната среда (качество на водата, замърсяване на въздуха), анализ на трафика, здравна информатика и селскостопански IoT.

По-нататъшното внедряване трябва да се фокусира върху:

- разработване на модул за обучение на учители за Python-базиран ML и IoT интеграция;
- създаване на отворен онлайн репозиториум от STEM казуси, съобразени с фазите на модела;
- изследване на използването на по-напреднали ML техники (неврални мрежи, обучение с подкрепление) с по-големи ученици;
- провеждане на дългосрочно проучване (една учебна година) за оценка на задържането на AI компетентностите.

Моделът е особено интересен за други европейски страни, тъй като демонстрира как ИИ може да бъде интегриран без радикална промяна на учебните програми, използвайки съществуващите STEM предмети и безплатни инструменти.

## 8. Заключение

Тази статия представя моделът – "AI като инструмент за ученика (PBL и моделиране)" като дидактически модел за активно обучение по изкуствен интелект в технологичното образование. Той е операционализиран чрез четири фази (дефиниране на проблема, събиране на данни, анализ с ИИ, моделиране/решение) и внедрен в пилотно проучване във ВМГ, с 48 ученици.

Основните констатации са следните:

- моделът е осъществим в реална училищна среда с нискобюджетни IoT сензори и безплатен софтуер;
- той постига висока ученическа ангажираност (94%) и значително подобрява самооценените приложни AI умения (+62%);
- средната точност на ML прогнозите (87%) демонстрира, че учениците от средното образование успешно могат да изграждат и използват прости ML модели;
- основните предизвикателства са квалификацията на учителите (Python, ML, IoT) и времевата рамка (8–12 часа на проект).

Значението на тези резултати надхвърля пилотния контекст. Реализираният модел предоставя структуриран, възпроизводим и нискобюджетен подход за интегриране на ИИ в STEM образованието, адресирайки често срещаните недостатъци на чисто теоретичното обучение по ИИ. Статията препоръчва обучението на учители да се фокусира приоритетно върху практически умения за ИИ и IoT, пилотните проекти да започват с малки контролирани казуси и на училищно ниво да се разработи етичен протокол за използване на ИИ от учениците.

Бъдещите изследвания трябва да се насочат към дългосрочното задържане на AI компетентностите, адаптиране на модела за други дисциплини (биология, химия, география) и провеждане на сравнителни международни проучвания.

По този начин моделът преминава от теоретична конструкция (описана в монографията) към емпирично валидиран дидактически инструмент, готов за по-широко приложение в технологичните училища.

### References:

- 1) Георгиев, Г. М. (2026). Интегриране на изкуствения интелект в професионалното образование чрез STEM подходи. Шумен: Университетско издателство "Епископ Константин Преславски"; 2026. стр. 196; ISBN 978-619-201-911-2 (print), ISBN: 978-619-201-912-9 (e-book).
- 2) Георгиев, Г. М. (2026). Организация на смесено обучение в професионалното образование чрез метода на обърнатата класна стая в Moodle. Шумен: Университетско издателство "Епископ Константин Преславски"; 2026. стр. 238; ISBN 978-619-201-914-3 (print), ISBN: 978-619-201-913-6 (e-book).
- 3) Иванов, Н. (2026). Модел на циклична конвергенция "STEM - READY" за повишаване на ефективността на професионалното образование в STEM среда. 11-та Международна научно-практическа конференция „Дигитализация и устойчиво развитие: от технологии към общество“; Флоренция: ISG. DOI:10.46299/ISG.2026.1.11; URL: <https://isg-konf.com/digitalization-and-sustainable-development-from-technology-to-society/>
- 4) Mihalev, G. et al. Analysis of the implicit opportunities for ai integration in technological education in bulgaria. The modern paradigm of humanities education: philological and pedagogical aspects, from theory to educational practices and interdisciplinary research. Boston : International Science Group. – Boston: Primedia eLaunch, 2026; ISBN – 979-8-90214-601-8; in press.
- 5) Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI? Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 33(01), 9795–9799.
- 6) Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. New York: Basic Books.
- 7) Piaget, J. (1970). Piaget's theory. In P. H. Mussen (Ed.), Carmichael's manual of child psychology (3rd ed., Vol. 1, pp. 703–732). New York: Wiley.
- 8) Polanyi, M. (1966). The tacit dimension. New York: Doubleday.
- 9) Carney, M., Webster, G., Alvarado, I., Phillips, K., Howell, N., Griffith, J., ... & Chen, A. (2020). Teachable machine: Image-based Google AI experiments. In Proceedings of the 2020 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 1265–1266).
- 10) Vahrenhold, J., Nardelli, E., & Magenheimer, J. (2021). Machine learning for high school students. Informatics in Education, 20(3), 451–472.
- 11) Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design. Educational Psychologist, 38(1), 1–4.
- 12) Sweller, J. (2010). Cognitive load theory: Recent theoretical advances. In J. L. Plass, R. Moreno, & R. Brünken (Eds.), Cognitive load theory (pp. 29–47). New York: Cambridge University Press.
- 13) Виготски, Л. (1983). Мислене и реч. София: Наука и изкуство.
- 14) Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and making in education: The democratization of invention. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), FabLabs: Of machines, makers and inventors (pp. 203-222). Bielefeld: Transcript Publishers.
- 15) Kafai, Y. B., & Burke, Q. (2014). Connected code: Why children need to learn programming. Cambridge, MA: MIT Press.
- 16) Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. Communications of the ACM, 52(11), 60-67.
- 17) Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence unleashed: An argument for AI in education. London: Pearson.
- 18) Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Boston: Center for Curriculum Redesign.

---

## AI as a tool for the student in PBL and modeling – empirical validation of a didactic model for active ai learning in technological education

**Georgi Georgiev**

"Bishop Konstantin Preslavski" University of Shumen, Bulgaria

ORCID:0009-0009-9581-3787

---

**Abstract:** The integration of artificial intelligence (AI) into secondary education is increasingly emerging as a strategic priority, but existing approaches often focus on theoretical knowledge about AI rather than its active application. The model – "AI as a Tool for the Student (PBL and Modeling)" – has been described in a collective monograph as a theoretical didactic framework. The present article presents it not as a repetition but as an enhancement with empirical value. Here, the model is not only described but also tested, implemented, and evaluated in a real school environment. It transforms AI from an automation tool into an instrument for competency acquisition in symbiosis with the STEM approach. The model is operationalized through four sequential phases: problem definition, data collection, AI analysis, and modeling/solution. Methodological guidelines for implementation are derived from a pilot study conducted at the Varna Maritime High School "Saint Nicholas the Wonderworker" (VMG), within the subject "Fundamentals of Artificial Intelligence" for students majoring in Computer Hardware and Technologies. The pilot implementation integrated IoT sensors for temperature and humidity (ESP8266 with DHT22, Unihiker K10) with a MIND Link connection to an AI model. Results from 48 participating students (12 teams) showed an average ML model accuracy of 87%, 94% student engagement, and a 62% self-reported improvement in applied AI skills (paired t-test,  $p < 0.001$ ). The article concludes that the model is not only theoretically described but has now been empirically validated. It successfully develops applied AI competencies, stimulates critical thinking, and prepares students for professional careers in AI, IoT, and data science. These results have been achieved provided that systematic teacher training and institutional support are ensured.

**Keywords:** Artificial intelligence; project-based learning; STEM education; Internet of Things; machine learning; didactic model; technological education; AI as a tool; learning with AI; pilot implementation; PBL.

---