

## ВЪВЕЖДАНЕ НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ В СРЕДНОТО УЧИЛИЩЕ ЧРЕЗ ЕЗИКА ЗА ЛОГИЧЕСКО ПРОГРАМИРАНЕ ПРОЛОГ

Венета Табакова-Комсалова<sup>1</sup>, Иван Стоянов<sup>2</sup>, Цветомира Иванова<sup>3</sup>, Радой Дуковски<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“, Пловдив

<sup>1, 2, 4</sup> Институт по информационни и комуникационни технологии – БАН, София

<sup>3</sup> Академия за музикално, танцово и изобразително изкуство „Проф. Асен Диамандиев“, Пловдив

## INTRODUCING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO THE MIDDLE SCHOOL THROUGH THE LOGIC PROGRAMMING LANGUAGE PROLOG

Veneta Tabakova-Komsalova<sup>1</sup>, Ivan Stoyanov<sup>2</sup>, Tsvetomira Ivanova<sup>3</sup>, Radoy Doukovski<sup>4</sup>

<sup>1</sup> University of Plovdiv „Paisii Hilendarski“

<sup>1, 2, 4</sup> Institute of Information and Communication Technologies – Bulgarian Academy of Sciences

<sup>3</sup> Academy of Music, Dance and Visual Arts „Prof. Asen Diamandiev“, Plovdiv

\* Авторите изказват благодарност към научен проект КР-06-М62/2 „Моделиране на знания в областта на българския фолклор“, финансиран по Фонд „Научни изследвания“, за финансиране на настоящата работа.

**Abstract:** The article presents the results and practical experience of the introduction of Artificial Intelligence training in secondary school. The initial stage and the current state of the introduction of experimental learning in two Bulgarian schools are discussed. Our experience in teaching students in different forms of learning and different age groups is presented, as well as the joint teaching of teachers and students. Particular attention is paid to logic programming using the Prolog language. The chronology of our approach is examined, with the introduction of Artificial Intelligence in education presented in three stages – beginning, current state and future intentions. We consider the three-year period to be sufficient for approbation of the curriculum, the used methodology and teaching materials. An original approach to the training of teachers and students is proposed. A summary analysis of the learning outcomes is presented in an appropriate form. Based on the accumulated experience, a critical analysis of the used approaches and teaching aids was made. Conclusions were made for continuing the study with students and improving the methods, approaches and teaching materials.

**Keywords:** education, artificial intelligence, logic programming, cultural and historical heritage.

### Въведение

Напоследък в световен мащаб се полагат все повече усилия за въвеждане на изучаването на изкуствен интелект (ИИ) в средните училища [1]. Европейските страни се стремят да заемат водеща позиция в технологичното развитие в областта на ИИ и се грижат за бързото му и всеобхватно внедряване в своята икономика.

Логическото програмиране е програмен модел, който силно се използва в някои области на изкуствения интелект. Пролог е един от първите логически програмни езици и има значително влияние върху ИИ от самото му създаване. Чрез Пролог се описват сложни идеи по лесен и декларативен начин. В Пролог знанията се дефинират, като факти, правила и цели, които добре се използват при решаване на проблеми в областта на ИИ. Пролог предлага високо ниво на експресивност и гъвкавост. Той се отличава с изкуствен интелект, обработка на естествен език, експертни системи и програмиране с ограничения. Със своите мощни възможности за съпоставяне на шаблони и за изводи, базирани на правила, Пролог може да се справи със сложни проблеми, които са предизвикателство за решаване с помощта на други езици за програмиране. ИИ е необятен и многообразен, използвайки различни инструменти и техники, като машинно учене, дълбоко обучение, експертни системи и др. Логическите основи на Пролог го правят много подходящ за моделиране на човешки разсъждения, поради което екипът ни счита, че е удачен за въвеждане на ИИ в средното училище. Ние предложихме на няколко училища учебна програма с основни теми, включващи логическо програмиране, базирано на езика Пролог.

По идея на проф. Робърт Ковалски, във връзка с 50 годишнината от създаването на езика Пролог, стартира инициативата „Prolog Education and Thinking“<sup>1</sup>. Тази инициатива има за цел да вдъхнови ново поколение ученици и студенти, като ги запознае с щадящ за хората, основан на логиката подход към изчисле-

нията. Присъединявайки се към тази инициатива, ние предложихме национален проект, наречен „Дигитална България в Пролог“, който бе представен в [2] на този форум миналата година. В тази статия споделяме и нашия тригодишен опит от въвеждането на изучаването на логическо програмиране и Пролог в две средни училища в България.

### **Началото – учебна програма (миналото)**

Традиционно поддържаме добри отношения със средните училища и ги подкрепяме в обучението им. В комуникацията с едно от училищата в Пловдив се зароди идеята за въвеждане на изкуствения интелект като иновативна дисциплина. Същевременно беше публикувана и стратегия за развитие на изкуствения интелект до 2030 г. в България, включваща изкуствения интелект в образованието и науката. За да реализираме нашата идея, беше необходимо да се изготви подходяща учебна програма, която трябваше да бъде приета от МОН. Ядрото на нашето предложение включваше логическо програмиране и Пролог. Причините за това наше мнение могат да бъдат обобщени по следния начин:

- Логическото направление е много силно в изкуствения интелект;
- Пролог е подходящ за представяне и обработка на знания с общ смисъл;
- Според нашия опит, програмният подход (за разлика от алгоритмичния подход) за представяне и демонстриране на някои от идеите на изкуствения интелект е по-интересен за учениците.

Министерство на образованието и науката одобри предложената от нас учебна програма. За подпомагане изпълнението на утвърдената учебна програма бяха написани два учебника – „Решаване на проблеми посредством търсене“ [3] и „Представяне на знанията през логика. Логическо програмиране“ [4], които се използват за обучение на ученици през последните три години.

През 2019 година Министерство на образованието и науката (МОН) в България изготвя Национална програма за иновации в средното образование. Нейната цел е създаване на мрежа от иновативни училища в България в съответствие със Закона за предучилищното и училищното образование и Наредба за институциите в системата на предучилищното и училищното образование. Иновативните училища трябва да са модел на модерното училище, в което учениците ще подобрят образователните резултати и ще повишат критичното мислене и творчество чрез иновативни образователни процеси, методи на преподаване, училищно лидерство и учебни програми. Целта на българската мрежа на иновативните училища е успешната интеграция на различните елементи за иновация. Чрез кандидатстване с проект за иновация училището може да стане част от тази мрежа като разработи план, който след това да се прилага в училището. Избраните училища трябва да създадат, развият и споделят материали, така че другите училища да могат да научат за съответната иновация и за стъпките, които трябва да предприемат, за да я мултиплицират и/или адаптират.

Обучението трябва да е адаптирано, всеобхватно, мотивиращо и съобразено със Закона за предучилищното и училищното образование и държавните образователни стандарти. Учениците са ангажирани в активна интелектуална и емоционалната дейност и развиват умения за критично мислене. Всички иновации следва да имат за цел повишаване на качеството на образованието.

Иновативни училища са училища, които постигат подобряване на качеството на образованието, като:

- разработват и въвеждат иновативни елементи по отношение на организацията и/или съдържанието на обучението;
- организират по нов или усъвършенстван начин управлението, обучението и учебната среда;
- използват нови методи на преподаване;
- разработват по нов начин учебно съдържание, учебни програми и учебни планове.

Математическа гимназия „Академик Кирил Попов“, град Пловдив става иновативно училище, като разработва план за обучение в гимназиален етап (VIII – XII клас), включващ обучение по Изкуствен интелект. Във връзка с това е изработена учебна програма по ИИ, в която е заложено учебно съдържание по темата: „Логика и логическо програмиране“.

Мултиплицирането на програмата се осъществява чрез споделяне на иновацията и подпомагане реализацията на същата или адаптирана учебна програма с други училища. По този начин програмата бе споделена с две училища, провеждащи обучението във факултативни учебни часове в профилираната подготовка на профил „Софтуерни и хардуерни науки“. Така учениците придобиват допълнителна подготовка чрез обучение по предмета, който училището им предлага, отговаряйки на интересите и подкрепяйки развитието на заложените им. Вече три години тези две училища провеждат обучение по тази учебна програма и разработените към нея учебни помагала съответно в 11. и 12. клас.

Натрупаният опит показва, че тази дисциплина може да се изучава под различна форма и с различни групи ученици, които дори могат да са в различна възраст [5]. Разработената учебна програма и разработените учебни ресурси [6] могат да се използват за обучение на ученици в различни професионални, профилирани или иновативни паралелки, както и в различни възрастови групи. Нашите планове са да завършим процеса на създаване на учебници и ръководства с учебни задачи, като същевременно разширим

обхвата на училищата в различни региони и градове в България. Натрупаният до момента опит ни дава основание да твърдим, че интересът и мотивацията на учениците непрекъснато нарастват и ИИ може успешно да се въведе в различна степен, в различна форма и в различен обем в училищното образование. Затова през настоящата учебна година чрез инициативата „Дигитална България в Пролог“ подготвихме включването на нови училища в обучението по ИИ. Тези училища обучават ученици от V до XII клас чрез занимания по интереси. По този начин насърчаваме интереса на млади таланти към дигитализацията на културата, кариери в областта на научноизследователската и иновационна дейност, новаторски дух и отговорност за опазване на околната среда чрез използване на нови технологии и повишаване на ангажираността на обществото към дигиталното изкуство и иновациите в културата.

МОН чрез Наредбата за приобщаващо образование урежда обществените отношения, свързани с осигуряване на приобщаващото образование на децата и учениците в системата на предучилищното и училищното образование, както и дейността на институциите в тази система за предоставяне на подкрепа за личностно развитие на децата и учениците. Чрез заниманията по интереси се подкрепя развитието на ключовите компетентности на учениците в областта на математиката, информатиката, природните науки и технологиите и се подпомага професионалното ориентиране на учениците. Също така чрез тях се развиват интегрирането на ключовите компетентности, възпитанието в ценности, патриотичното, гражданското, здравното, екологичното и интеркултурното възпитание, насърчаването на иновациите и креативното мислене на децата и учениците. Те се организират от общинските и държавните училища за учениците от I до XII клас в съответствие с желанието на родителите на децата, с желанието на учениците със съгласието на родителите, както и със спецификата на заниманията и с възможностите на детската градина или училището.

Заниманията по интереси се организират приоритетно в тематичните направления: „Дигитална креативност“, „Природни науки“, „Математика“, „Технологии“, „Изкуства и култура“, „Гражданско образование“, „Екологично образование и здравословен начин на живот“, „Спорт“. Часовете в първите четири направления не трябва да са по-малко от 40 на сто от общия годишен брой часове за организирани занимания по интереси в училището. Училищата изготвят програма за занимания по интереси за съответната учебна година в съответствие с тематичните направления, която се утвърждава от директора на училището. В така сформирани групи по интереси учениците могат да са от различни паралелки (профили) и различни класове (различна възраст).

Приобщаване на средните училища към проблемите на дигитализацията на българския фолклор е целта на нашата инициатива „Дигитална България в Пролог“. Това може да стимулира интереса на учениците не само към проблемите на изкуствения интелект, но и към българското културно-историческо наследство. С това смятаме, че можем да имаме определен принос към усилията за изучаване на изкуствен интелект в средното училище, използвайки подходящи учебни форми, включително и учене и практикуване в STEM центрове.

### Настоящото – текущо състояние

В две средни училища от област Пловдив, в гимназиален етап на обучение, през последните три учебни години въведохме експериментално обучение по Изкуствен интелект. За предходните две учебни години сме публикували данни и анализи от обучението в [7], [8]. През настоящата учебна година в обучението бяха включени 105 ученици, обучавани във факултативни учебни часове на профилираната подготовка в профил „Софтуерни и хардуерни науки“.



Фигура 1. Резултати от обучението в XI клас през 2022-2023 учебна година

Чрез анкети, свързани с отношението на учениците към провежданото обучение и темите, заложи в учебното съдържание екипът ни събра информация за нагласите на учениците да продължат обучението си в тази тематика и насоките за развитие на ИИ според тях. Резултатите от проучването показват, че над 75% от учениците са убедени, че изучаването на ИИ е полезно за развитието им и са готови да го изучават в бъдеще. Само 6% от анкетиранияте ученици отговарят, че това обучение няма отношение към бъдещия им живот. Успеваемостта на учениците по темите на учебното съдържание в края на учебната година в съответните теми по класове са показани на Фиг. 1 и Фиг. 2. От получените данни можем да заключим, че учениците са усвоили учебния материал на много добро ниво. Наблюдават се обаче редица трудности, особено при изучаване на темите, свързани с работа със списъци и рекурсивни изпълнения. Според учениците използването на езика Пролог е подходящо и мотивиращо.



Фигура 2. Резултати от обучението в XII клас през 2022-2023 учебна година

Една от целите на експерименталното обучение е да се подчертае, че Пролог е удобно средство за представяне и обработка на знания с общ смисъл (знания, които не могат да бъдат представени чрез математически модели и към които бихме причислили знанията в много дисциплини, изучавани в средното училище). Поради тази причина, при обучението на ученици в занимания по интереси, включваме основно примери от дисциплини, като например история, география, литература, културно-историческо наследство. В този смисъл един от основните подходи в провежданото експериментално обучение е създаването на система на учебни задачи, свързани със знанията на учениците както по другите предмети, така и в ежедневието им. Изводът, който може да се направи от нашите наблюдения е, че учениците харесват този тип обучение. Освен това се забелязва повишен интерес към дисциплините, обхванати от примерите.

През настоящата учебна година в Профилирана природо-математическа гимназия „Васил Левски“, гр. Смолян бе сформирана група по интереси, наречена „Изкуствен интелект и програмиране на ПРОЛОГ“. Групата е сборна, формирана от 10 участници в диапазона 5-11 клас. Четирима ученици са от 10. клас, профил „Математически“; един е от 9. клас, профил „Математически“; двама са от 11. клас, профил „Софтуерни и хардуерни науки“; двама участници – от 7. клас и един участник – от 5. клас. Учениците, запознавайки се с програмирането на Пролог, с дейностите по проект „Моделиране на знания в областта на българския фолклор“ към Фонд научни изследвания и съответно възможностите за включване към проект „Дигитална България в Пролог“, изявяват желание за съвместна работа с нашия екип. Екипът от ученици и учители определи тема за създаване на модул „Диалекти в различните краища на Родопите“ по проект „Дигитална България в Пролог“ и започна събиране на информация и проучване по темата.

След провеждане на обучението през трите години е направен анализ и са изведени съответните изводи. През първата година на експерименталното обучение бе обобщено, че изкуственият интелект може да се изучава във всички класове в гимназиална степен и дори в смесени по възраст групи. Друг извод бе, че обучението на учителите е изключително важно в този процес, тъй като по-голямата част от тях не са изучавали езика за логическо програмиране Пролог и ИИ по време на своето университетско образование. Тъй като темата е специфична, е необходимо системно обучение на учителите.

През миналата и настоящата учебни години нашият екип е организирал курсове за квалификация на учители (основно по информатика), като през настоящата започна и включването на учители по други учебни дисциплини (география, история, литература, физика, химия, биология и т.н.). От направените анкети можем да заключим, че учителите са мотивирани да преподават тази дисциплина в училище. Те го намират за полезно и обещаващо за своите ученици и изразяват желанието си да продължат да учат по

други теми като роботика, машинно обучение и различни приложения на ИИ.

Направените анализи от обучението през втората учебна година бяха направени следните обобщения: **Необходим е преглед и актуализация на учебните помагала по определени теми; Изключително важна е подготовката и мотивацията на учителите; Повишаване атрактивността и креативността на учебния материал; Подготвяне на задачи близки до ежедневието и интересите на конкретните ученици, както и задачи, свързани с теми от други учебни дисциплини изучавани в средното училище (история, география, литература, биология, химия и т.н.); Учебният материал може да се обогати със специфични форми на обучение в рамките на STEM центрове; Изработване на задачи/игри от ученици за ученици (игрово базирано обучение).**

Във връзка с тези изводи екипът ни актуализира учебната програма и започна актуализация на издадените учебни помагала и подготовка на задачи близки до ежедневието и интересите на учениците. Мотивира учители по различни учебни дисциплини, изучавани в училище да се включат в организирания от нас обучения и работейки съвместно с учител по информатика и информационни технологии да реализират проект на езика Пролог с пример от тяхната предметна област.

Проектът „Дигитална България в Пролог“ (бъдещето)

Въз основа на нашия тригодишен опит с въвеждането на изкуствен интелект в някои средни училища и особено на добрите резултати от програмния подход, приложен за представяне и обработка на знания от различни дисциплини, бъдещите ни планове са да разширим формите на обучение по логическо програмиране и по-конкретно, Пролог програмиране. Намираме включването на STEM центрове за подходяща възможност. Освен това моментът е много подходящ, тъй като План за възстановяване и устойчивост на България предвижда значително финансиране за създаването на национална мрежа от STEM центрове, така че интересът на средните училища към възможностите, предлагани от проекта, е значително повишен. Затова предлагаме проект, наречен „Дигитална България в Пролог“, който искаме да стане част от глобалната инициатива „Prolog Education and Thinking“. България е страна с древна история, забележително културно-историческо наследство, фолклор и природни забележителности. Идеята на проекта е да се подберат интересни артефакти, събития и традиции от нашето културно-историческо наследство, фолклор и история и тези артефакти да бъдат формално моделирани със средствата на логическото програмиране и по-конкретно с езика за логическо програмиране Пролог.

Таблица 1. Учебна програма

№	Тема
Раздел 1: Въведение в изкуствения интелект (ИИ)	
1	Дефиниции за ИИ. Възникване и история.
2	Модерен ИИ. ИИ и логическо програмиране.
Раздел 2: Знания	
3	Знания в областта на изкуствения интелект. Специализирани знания и знания с общ смисъл.
4	Представяне на знания. Представяне на знания чрез правила.
Раздел 3: Логика	
5	Логика. Основни понятия на математическата логика.
6	Дедуктивна логика – основни понятия, синтаксис и семантика.
7	Предикатна логика. Представяне на знания common sense
Раздел 4: Език за логическо програмиране Пролог	
8	Логическо програмиране и Пролог. Защо Пролог? История. Приложения.
9	Теоретични основи на езика Пролог. Факти, правила и цели.
10	Запознаване със SWI-Пролог. Примери
11	Въведение в езика за програмиране Пролог. Унификация.
12	Въведение в езика за програмиране Пролог. Резолюция.
13	Механизъм за възврат. Оператор cut(!).
14	Аритметични изрази и оператори в Пролог.
15	Работа със структури от данни на езика Пролог. Списъци.
16	Списъци. Основни операции.
17	Предикати, обработващи списъци. Примери.
18	Системи, базирани на знания. База знания. Машини за извод.

Изпълнението на проекта включва различни видове дейности, като например е необходимо да се разработи подходяща учебна програма. Актуалната програма, по която започнахме обучението, е представена в таблица 1. Започна изграждането на мрежа от училищни центрове, които ще участват в изпълнението на проекта. Ключов фактор за успеха на проекта е обучението на учителите, които ще работят с учениците – полагат се значителни усилия за подготовката на различни форми на обучение за тях (напр. по специализирана програма в Департамента за квалификация и професионално развитие на педагогическите специалисти към ПУ „П. Хилендарски“, град Пловдив, за обучение на учители в университета или на място в самото училище и обучение на тема „Въведение в изкуствения интелект“ към Цифров иновационен хъб „Тракия“). В същото време започна подготовката на подходящи учебни материали. Периодично се провеждат семинари за популяризиране на целите на проекта.



а. Лого на проекта



б. Архитектура на софтуера на проекта

Фигура 3. Проектът „Дигитална България в Пролог“.

Общата архитектура на системата, която ще бъде разработена в рамките на проекта, се състои от два основни компонента – разпределена база знания и персонален туристически гид (Фиг. 3б.). Разпределената база от знания се състои от отделни тематични модули, които съхраняват знания по съответните теми, които могат да бъдат например културно-историческо наследство, фолклор, история, география и др. Модулите ще бъдат структурирани в отделни тематични области, напр. фолклорът може да включва области като национални носии, народни песни и народни певци и шевици. Всеки модул може да бъде разработен независимо от други модули. По този начин може да се реализира паралелна структура на база-та знания. Индивидуални групи разработчици могат да се специализират в избрана от тях тема.

### Заклучение

В статията са представени резултатите и практическият опит от въвеждането на обучение по Изкуствен интелект в средното училище. Разгледани са етапите на въвеждането на експериментално обучение в българското училище. Представен е нашият опит в обучението на ученици в различни форми на обучение и различни възрастови групи, както и съвместното обучение на учители и ученици. Специално внимание се обръща на логическото програмиране с помощта на езика Пролог. Разглежда се хронологията на нашия подход, като въвеждането на Изкуствен интелект в обучението е представено в три етапа – начало, актуално състояние и бъдещи намерения. Тригодишния период смятаме за достатъчен за апробация на учебната програма, използваната методика и учебни материали. Предложен е оригинален подход за обучението на учители и ученици. Представен е обобщен анализ на резултатите от обучението в подходяща форма. На основата на натрупания опит е изведена необходимост от нови подходи, подобряване на методите на преподаване и учебни помагала за обучението на ученици с езика за логическо програмиране Пролог.

В заключение можем да обобщим, че резултатите на учениците са много добри и изкуственият интелект, в частност логическото програмиране, има своето място в средното училище. Учениците и учителите с всяка изминала година повишават своята мотивация. В момента провеждаме срещи със заинтересовани училища. С едно такова училище започнахме разработка на демонстрационен примерен проект в STEM обучението. Провеждаме разговори с учители по други дисциплини като история, география, фолклор. Според нас те също могат успешно да се включат в изпълнението на проекта.

**References:**

1. Alam A., Possibilities and Apprehensions in the Landscape of Artificial Intelligence in Education, 2021 International Conference on Computational Intelligence and Computing Applications (ICCICA), Nagpur, India, 2021, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICCICA52458.2021.9697272
2. Tabakova-Komsalova, V., Stoyanov, S., Doukovska L., DIGITAL BULGARIA IN PROLOG PROJECT, Education and Technologies, 2022, Vol.13, issue 1, pp. 171-176, ISSN 1314-1791 (print), ISSN 2535-1214 (online), DOI: <https://doi.org/10.26883/2010.221.4202>
3. Stoyanov, S., T. Glushkova, Y. Todorov, Izkustven intelekt. Reshavane na problemi posredstvom tarsene, izd. Izkustva, 2019, <http://www.izkustva.net/intelekt.html>, ISBN: 9786197243871.
4. Stoyanov S., T. Glushkova, R. Papancheva, Izkustven intelekt: Predstavyane na znaniyata chrez logika. Logichesko programirane, izd. Izkustva, 2021, ISBN: 9786197243970
5. Tabakova-Komsalova, V., Stoyanov, S., Doukovska L., Two-year artificial intelligence teaching in the secondary school, Education and Technologies, 2022, vol.13, issue 1, 82-83, ISSN 1314-1791 (print), ISSN 2535-1214 (online), DOI: <https://doi.org/10.26883/2010.221.4198>
6. Tabakova-Komsalova, V., Glushkova, T., Grancharova-Hristova, M., Krasteva, I., Learning tasks in artificial intelligence education, Educations and Technologies, VOL. 11/2020, ISSUE 1, ISSN 1314-1791 (PRINT), ISSN 2535-1214 (ONLINE), pp. 15-22,2020, pp.233-240, DOI: <http://doi.org/10.26883/2010.201.2292>
7. Glushkova, T., Tabakova-Komsalova, V., Nyakoi aspekti za prilozhenie na izkustveniya intelekt v uchilishtnoto obrazovanie, Matematika i matematichesko obrazovanie, 2021, Proceedings of the Fiftieth Spring Conference of the Union of Bulgarian Mathematicians, 2021, [http://www.math.bas.bg/smb/2021\\_PK/tom\\_2021/pdf/245-251.pdf](http://www.math.bas.bg/smb/2021_PK/tom_2021/pdf/245-251.pdf), ISSN 1313-3330
8. Tabakova-Komsalova, V., Glushkova, T., Krasteva, I., Some results and analyzes from the teaching of artificial intelligence in high school, Education and Technologies, vol.12, issue 1, 100-102, ISSN 1314-1791, 2021

**Endnotes:**

1. <https://prologyear.logicprogramming.org/> 2022: The Year of Prolog