

## ИЗУЧАВАНЕ В СРЕДНОТО УЧИЛИЩЕ НА ЛОГИКА И ЛОГИЧЕСКО ПРОГРАМИРАНЕ ЗА ПРЕДСТАВЯНЕ И ОБРАБОТКА НА ЗНАНИЯ

Станимир Недялков Стоянов<sup>1</sup>, Тодорка Атанасова Глушкова<sup>1</sup>, Румяна Папанчева<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Университет „Проф. Д-р Асен Златаров“, Бургас

## LEARNING IN SCHOOL OF LOGIC AND LOGICAL PROGRAMMING FOR PRESENTATION AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

Stanimir Nedyalkov Stoyanov<sup>1</sup>, Todorka Atanasova Glushkova<sup>1</sup>, Rumyana Papancheva<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> University „Prof. D-r Asen Zlatarov“, Burgas

\* Авторите изказват благодарност към научен проект МУ19-ПФ-023 и проект ФП19-ФМИ-002 „Иновационни ИКТ за дигитално научноизследователско пространство по математика, информатика и педагогика на обучението“ към Фонд Научни изследвания на ПУ „Паисий Хилендарски“, за частичното финансиране на настоящата работа.

**Abstract:** New trends in the development of society in the digital age determine the growing role of artificial intelligence (AI). This determines the need for its formal and informal study in different levels and in different volumes in both classroom and extracurricular activities of Bulgarian schools. On the basis of a curriculum approved by the Ministry of Education and Science, the development of appropriate teaching resources and aids began. In this report, the authors will present an approach to presenting knowledge with general meaning in artificial intelligence by applying logical inferences, rules and dependencies. The main topics of the curriculum and the way of their structuring will be presented. The main idea is, following the requirements of classical artificial intelligence, to consider different methods and approaches for presenting this theory in the context of high school education.

**Keywords:** artificial intelligence, logic programming

Новите тенденции в развитието на обществото в дигиталната ера определят все по-нарастващата роля на изкуствения интелект [1]. Това определя необходимостта от засиленото му формално и неформално изучаване във всички образователни степени. През последните няколко години на различни нива и в различен обем се въведе изучаването на изкуствения интелект както в класната, така и в извънкласната работа. На базата на одобрена от МОН учебна програма започна разработката на подходящи учебни ресурси и помагала.

В този доклад авторите ще представят един подход за представяне на знанията със общ смисъл (ЗОС) в изкуствения интелект чрез приложение на логически изводи, правила и зависимости. Ще се представят основните теми от учебното съдържание и начина за тяхното структуриране. Основната идея е, като се следват изискванията на класическия изкуствен интелект, да се разгледат различни методи и подходи за представяне на тази теория в контекста на обучение в средното училище.

Разработената и утвърдена от МОН учебна програма по Изкуствен интелект включва двадесет подбрани теми, разпределени в четири раздела:

- Увод в изкуствения интелект;
- Решаване на проблеми посредством търсене;
- Знания и семантично моделиране;
- Избрани теми от съвременния (модерен) ИИ.

Първият раздел включва теми, свързани с основните понятия, особености и предизвикателства пред изкуствения интелект. Вторият раздел представя базовите алгоритми за решаване на проблеми посредством търсене. Третият раздел е свързан с представянето и обработката на знания и семантичното моделиране, а четвъртият включва няколко избрани теми, свързани със съвременния изкуствен интелект като интелигентни агенти, персонални асистенти, „интернет на нещата“, машинно учене, когнитивна роботика и др. Първите два раздела са разгледани в [2], а основните подходи в структурирането на учебното съдържание са дискутирани в [3]. В настоящият доклад авторите ще представят своите виждания при пред-

ставянето на знанията, включени в третия раздел и по-конкретно в частта му „Представяне на знания чрез правила“ и ще споделят своите идеи за разглеждането на тази тематика в училище. В Таблица 1 са представени основните теми в раздел 3.

Таблица 1. Структура и основни теми на учебната програма по раздел 3

№	Тема
Раздел 3: Знания и семантично моделиране. Представяне на знания чрез правила	
1.	Понятие за знание. Класификация.
2.	Специализирани и знания с общ смисъл. Представяне на знания. Агенти със знания
3.	Основни понятия на математическата логика
4.	Съждителна логика. Синтаксис и семантика
5.	Проверка на моделите и еквивалентности. Закони на съждителната логика
6.	Методът на резолюцията
7.	Въведение и основи на предикатната логика
8.	Терми, съждения и квантори
9.	Правила за извод. Унификация и резолюция.
10.	Пролог. Въведение в логическото програмиране.

Въз основа на одобрената учебна програма авторите си поставиха за цел да структурират учебното съдържание в няколко книги и учебни помагала. Идеята е в първите две книги да се разгледат теми, принадлежащи към така наречения „класически“ изкуствен интелект като в първата книга „Изкуствен интелект. Решаване на проблеми посредством търсене“ използваме алгоритмичен подход, а във втората „Изкуствен интелект. Представяне и обработка на знания чрез логика. Логическо програмиране“ – програмнен подход за подпомагане разбирането на учебния материал. Накратко ще се дискутират аспектите, образуващи „червената линия“, свързани с представянето на знания чрез логика и логически правила.

**Знание и знания с общ смисъл в изкуствения интелект.** Изследователите в областта на изкуствения интелект (ИИ) съсредоточават усилията си в разработването на средства, които подобряват поведението на компютърните системи, така че те да станат по-полезни и по-използваеми от хората [4]. Най-общо, в ИИ знанието е комбинация от: структури данни и интерпретиращи механизми [5]. Структурната компонента включва: лексика (символите, допустими за използване в представянето за моделиране на знания); синтаксис (множество от правила за свързване на символите и образуване на по-комплексни структури или изрази;) и семантика (начина за предаване на смисъл на структурите или изразите). Интерпретиращата компонента определя възможни операции със структурите или изразите, включително и правила за извод на нови знания от съществуващите. Добрите представяния дават възможност за явно описание на задачите за решаване, като по възможно най-естествен могат да се изложат ограничения и свойства, присъщи на разглежданите същности, както и релациите между тях. В съвременните системи не е необходимо потребителите да реализират интерпретаторите – обикновено те се доставят със средите за представяне на знания.

**Съществуват различни класификации на знанията.** Знанията за една приложна област могат да се разглеждат като: специализирани знания, които се владеят от специалисти и експерти и знания с общ смисъл (ЗОС), които се владеят и могат да се интерпретират от хора без специална подготовка. Моделирането на специализирани знания в области като математика, физика, химия е сравнително просто, понеже за тези области съществуват подходящи формални представяния. Така например, в хилядолетната история на математиката е изградена мощна, стройна и непротиворечива формална система за представяне на математически знания. Обикновено, представянето на математическите знания са еднозначни – те имат ясно дефиниран и еднозначен смисъл (семантика). Математическите формулировки са приложими също за представяне на знания във физиката, астрономията, техниката. Друга такава система е математическата логика, която намира широко приложение като формализъм за представяне на знания.

От друга страна поради естеството си, работата със ЗОС е сериозно предизвикателство. Необходимо е да се намерят подходящи и адекватни формални системи за представяне и обработка на такива знания. В този аспект е необходимо да насочим своето внимание към тази група знания, които не притежават собствен формален език за представяне и които могат да бъдат описани чрез логически правила и закони.

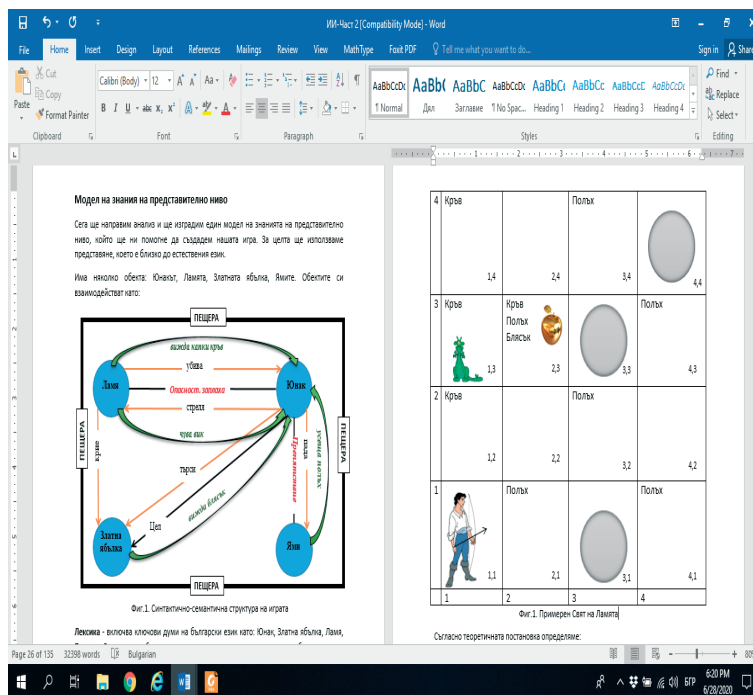
**Представяне на знания и видове представяния.** Друг съществен за аспект, на който искаме да обърнем внимание е това, че за моделиране и обработка на знания от съществено значение е тяхното формално представяне. Едно представяне включва следните компоненти: синтаксис, семантика, лексика, правила за извод и др. В този смисъл математиката е най-мощното и широко използвано представяне, но за съжаление за ЗОС не винаги подходящо. Поради това се търсят други представяния на знанията като логики и правила, обектно-ориентирани, семантични мрежи, фреймове и т.н.

**Логическата като вид представяне на знания.** Съвременните възгледи за определяне областта на изкуствения интелект включват не една, а множество дефиниции, групирани в четири направления [5]. Едно от тези направления се основава на така наречената „логическа традиция“ („рационално мислене“ или „подход на законите на мисленето“) в изкуствения интелект. Най-общо, подходът се характеризира с това, че се използват различни логически системи за представяне и обработка на знания. Теоретичната основа в представяната книга е изградена като се прави ясно разграничаване между двете системи на класическата логика – съждителна и предикатна. Въпреки, че формално съждителната логика може да се приеме като подмножество на предикатната логика, между тях съществува принципно различие. Докато съждителната логика въвежда основите на смятането със съждения, философията на предикатната логика е изградена върху понятията за обекти и релации между тях.

Авторите разбират, че с разработване на тази тематика поемат известен риск, свързан с коректното представяне на учебното съдържание по разбираем за учениците начин. Необходимо е да се избегнат излишни детайли и формални представяния като учебното съдържание се представи в съкратен, но коректен вид, така че учениците да са в състояние да усвояват основните концепции и методи с помощта на демонстрационни примери и практически задачи. Според нас има две възможности за представяне на учебната съдържание: „по-лек“ вариант, чрез който учебният материал да се представи по занимателен начин, например, под формата на игра или „по-сериозен“ вариант, при който знанията се представят на учениците по-систематично и задълбочено. И двата варианта имат своите предимства и недостатъци. Вторият вариант е свързан с повече рискове, поради недостатъчната базова подготовка на учениците и необходимостта от допълнителна специализирана квалификация на учителите. Поради това избрахме втория вариант, и за да улесним учениците предлагаме разнообразни практически задачи и игри, които в крайна сметка да направят учебния материал по-лесен, по-интересен и по-привлекателен.

**Логическо програмиране.** Водени от желанието си да представим учебния материал по достъпен и занимателен начин, без да намаляваме степента на задълбоченост и систематичност, решихме да използваме езикът за логическо програмиране Пролог, като един от класическите програмирани езици, създаден специално за приложения в ИИ. Той е език за декларативно програмиране и това освобождава учениците от необходимостта да създават алгоритми за това как трябва да се постигне определена цел в дадена ситуация, а им дава свободата да опишат самата ситуация като правила и факти и само да посочат целта, а интерпретаторът на Пролог ще изведе решението. Тази характеристика на Пролог, го прави особено подходящ за решаване на различни задачи от изкуствения интелект и от ученици, които нямат необходимата подготовка в областта на императивното програмиране. Освен това интерпретаторът на Пролог работи и на български език, което дава възможност учениците да се концентрират върху описвания сценарий, а не върху синтактичните особености на езика.

**Игрово-базирано обучение.** Игрово-базираното обучение във всичките му аспекти е доказано ефективен метод в училищната практика. Затова избрахме през целия курс на обучение да се разработва на отделни стъпки една игра, сюжета на която се базира на любимата на всички приказка „Тримата братя и златната ябълка“. Използвайки сюжета на приказката, стъпка по стъпка се създава играта, в която се обработват знанията и действията на Юнака при пътешествието му в примерния „Свят на Ламята“ (Фиг. 1.)



Фигура 1. Примерният „Свят на Ламята“

Така, например, първоначално за описание на играта, околната среда може да се представи като матрица с размери 4x4, а фактите в „Света на Ламята“ са представени в Таблица 2.

Таблица 2. Знания в „Света на Ламята“

№	Факт
1.	Ламята живее в пещера с 16 стаи номерирани с две цифри – номер на колона, номер на ред
2.	Входът е 11. Юнакът е на входа.
3.	Ламята се намира в стая 13.
4.	Някои стаи са Ями към Долната земя. Ямите се намират в стаи 31, 33, 44.
5.	Златната ябълка се намира в стая 23.
6.	Тъй като Ламята е леко ранена, в стаите, съседни на местоположението ѝ, както и в стаята, в която се намира има кръв
7.	В стаите, съседни на местоположението на ямите се усеща полъх.
8.	В стаята, в която се намира Златната ябълка има блясък.
9.	В останалите стаи няма нищо.

Чрез езика Пролог Светът на Ламята можем да опишем с факти и правила така:

свят\_ламя :

юнак\_11,

ламя\_13,

яма\_31, яма\_33, яма\_44,

златна\_ябълка\_23,

кръв\_23, кръв\_12, кръв\_13, кръв\_14,

полъх\_21, полъх\_32,

полъх\_23, полъх\_43, полъх\_41, полъх\_34,

блясък\_23,

нищо\_22, нищо\_24, нищо\_42.

// факт 2 – Юнакът е в стая 11

// факт 3 – Ламята е в стая 13

// факт 4 – Ямите са в стаи 31, 33, 44

// факт 5 – Златната ябълка е в стая 23

// факт 6 – Кръв има в съседните стаи на 13

// факт 7 – полъх се усеща в съседство на ямите

// факт 8- в стая 23 се усеща блясък

// факт 9 – в останалите зали не се усеща нищо.

При разглеждане на следващите теми, свързани с логическите правила и метода на резолюцията, същата ситуация вече се описва с правила, както демонстрираните на Фигура 2. С  $P_{ij}$  сме означили съжде-

нието „в стая  $i_j$  има яма“, а с  $V_{i,j}$  – твърдението „в стая  $i_j$  се усеща полъх“. Като се използват логическите операции отрицание, импликация, равнозначност може да се опише логическия свят (Фиг. 2). Правилото е, че ако в съседна клетка (по ред или колона, не по диагонал) има яма, то в текущата клетка се усеща полъх.

- $R_1: \neg P_{1,1}. /* в [1,1] няма яма */$   
 $R_2: V_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1}). /* В [1,1] се усеща „полъх“, точно тогава, когато в [1,2] или в [2,1] има яма */$   
 $R_3: V_{2,1} \Leftrightarrow (P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1}). /* В [2,1] се усеща „полъх“, точно тогава, когато в [1,1], [2,2] или в [3,1] има яма */$   
 $R_4: \neg V_{1,1}. /* в [1,1] не се усеща „полъх“ */$   
 $R_5: V_{2,1}. /* в [2,1] се усеща „полъх“ */$   
  
 $R_7: ((P_{1,2} \vee P_{2,1}) \Rightarrow V_{1,1}). /* Ако в [1,2] или [2,1] има яма, но в [1,1] ще се усети полъх */$   
 $R_8: (\neg V_{1,1} \Rightarrow \neg(P_{1,2} \vee P_{2,1})). /* Но в [1,1] не се усеща полъх, следователно не е вярно, че в [1,2] или [2,1] има яма (което е равносилно и на твърдението, че няма яма нито в [1,2], нито в [2,1] */$   
 $R_9: \neg(P_{1,2} \vee P_{2,1}). /* Няма яма в [1,2] или [2,1] */$   
 $R_{10}: \neg P_{1,2} \wedge \neg P_{2,1}. /* Няма яма в [1,2] и няма яма [2,1]. Приложен е законът на Де Морган */$   
 $R_{11}: \neg V_{1,2}. /* в [1,2] не се усеща „полъх“ */$   
 $R_{12}: V_{1,2} \Leftrightarrow (P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{1,3}) /* В позиция [1,2] се усеща „полъх“, точно тогава когато в някоя от трите позиции [1,1], [2,2] и [1,3] има яма */$   
 ....  
 $R_{13}: \neg P_{2,2}.$   
 $R_{14}: \neg P_{1,3}.$   
 $R_{15}: P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1}.$   
 $R_{16}: P_{1,1} \vee P_{3,1}.$   
 $R_{17}: P_{3,1}.$

Фигура 2. Представяне на „Светът на Ламята“ като правила

По-късно при изучаване на предикатната логика и правилата за извод, същият пример вече изглежда по следния начин:

#### Инициализиране на Света на Ламята:

```

initialize_world :-
assert(ламя_позиция(1,3)),           //позиция на Ламята
assert(ламя_здраве(жива)),          //Ламята е жива
assert(златна_ябълка(2,3)),         //Златната ябълка е в зала [2,3]
assert(яма(3,1)),                   // Позиции на ямите
assert(яма(3,3)),
assert(яма(4,4)).
    
```

#### Инициализиране на състоянието на Юнака:

```

initialize_hero :-
assert(юнак_позиция(1,1)),
assert(юнак_ориентация(0)),         // обърнат надясно на 0 градуса
assert(юнак_в_пещерата(yes)),      // в пещерата е
assert(юнак_здраве(жив)),          // Юнакът е жив
assert(юнак_златна_ябълка(0)),     // не е взел Златната ябълка
assert(юнак_стрела(1)).             // има една стрела
    
```

#### Възприятията на Юнака са Възприятия[Кръв, Полъх, Блясък, Бум, Вик].

```

execute(наляво,[Кръв,Полъх,Блясък,но,no]):
юнак_ориентация(Angle),           //Ъгълът на текущата посока на Юнака
newAngle is (Angle + 90) mod 360,  // Обръща се наляво с 90 градуса
retract(юнак_ориентация(Angle)),  // Изтрива старата ориентация от БД
assert(юнак_ориентация(NewAngle)), // Записва новата ориентация
кръв(Кръв),                        //Останалите Възприятия не се променят,
полъх(Полъх), блясък(Блясък).     // тъй като Юнакът е в същата стая.
    
```

**Локация на Юнака:**

```

new_location(X,Y,0,X1,Y) :- X1 is X + 1.      // при движение надясно
new_location(X,Y,90,X,Y1) :- Y1 is Y + 1.   // при движение нагоре
new_location(X,Y,180,X1,Y) :- X1 is X - 1.  // при движение наляво
new_location(X,Y,270,X,Y1) :- Y1 is Y - 1.  // при движение надолу

```

Разглеждането на един базов пример, чрез който да се мотивират новите знания през целия процес на обучение дава възможност за повишаване интереса и мотивацията на учениците и намалява степента на сложност, абстрактност и теоретизиране в представяния учебен материал.

Представянето на знания от различни области на живота. Изкуственият интелект е интердисциплинарна област. Целта на авторите е да се предоставят абстрактните и трудни концепции, свързани с обработката на знания от общ характер както чрез релации със знанията и интереси на учениците, така и с останалите учебни дисциплини. Подобни примери могат да се дадат с история, география, биология, литература. Например, при описанието на факти и правила с Пролог можем да използваме Крумовата династия (Фигура 3) или фамилните отношения в романа „Железният светилник“ на Димитър Талев:

```

родител(стоян,кочо).
родител(стоян,лазар).
родител(стоян,манда).
родител(стоян,нона).
родител(стоян,катерина).
мъж(стоян).
мъж(кочо).
мъж(лазар).
жена(султана).
жена(манда).
жена(нона).
жена(катерина).
родител(султана,кочо).
родител(султана,лазар).
родител(султана,манда).
родител(султана,нона).
родител(султана,катерина).
баща(X) :- родител(X, _), мъж(X).
майка(X) :- родител(X, _), жена(X).
сестра(X, Y) :- родител(Z, X), родител(Z, Y), жена(X), жена(Y), X \== Y.

```



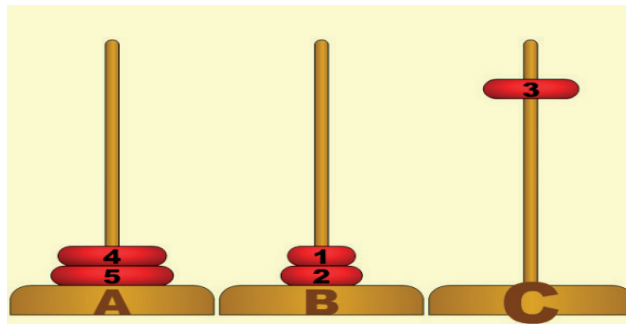
Фигура 3. „Крумовата династия“



Връзка с обучението по биология са задачи и игри от типа „Познай животното“, а за връзка с география може да се използват задачи за търсене на маршрут между два града в България (например София и Стара Загора). Намирането на такъв маршрут може да се представи като проблем и да се програмира на Пролог:

```
arc('София','Клисура',237). //Въвеждаме база данни с разстояния между градовете
arc('София','Ихтиман',53).
arc('Клисура','Карлово',33). arc('Карлово','Казанлък',55).
arc('Казанлък','Стара Загора',37). arc('Стара Загора','Пловдив',102).
arc('Ихтиман','Пазарджик',59). arc('Пазарджик','Пловдив',50).
h(Path,Goal,H). // Използваме Метод на най-доброто спускане (Best-first search)
([Node|Path],Goal,H) :- stright_line_distance(Node,Goal,H).
best_first([[Goal|Path]|_],Goal,FinalPath):- reverse([Goal|Path],FinalPath).
best_first([Path|List],Goal,FinalPath):-
  extend(Path,NewPaths), append(List,NewPaths,NewList),
  sort(NewList,Goal,SortedList), best_first(SortedList,Goal,FinalPath).
extend([Node|Path],NewPaths) :-
  findall([NewNode,Node|Path], (arc(Node,NewNode,_), not(member(NewNode,[Node|Path]))),
NewPaths).
reverse([],[]).
reverse([X|Rest],List):- reverse(Rest,NewRest), append(NewRest,[X],List).
sort([],Goal,[]).
sort(List,Goal,[MinPath|SortedList):- min(List,Goal,MinPath,NewList),
  sort(NewList,Goal, SortedList).
min([Path1|List],Goal,Path2,[Path1|NewList):- min(List,Goal,Path2,NewList),
  h(Path1,Goal,H1), h(Path2,Goal,H2), H2<H1,!.
min([Path|List],Goal,Path,List).
?- best_first([[ 'София' ]], 'Стара Загора',Path). //Търсене на решението
```

Рекурсивно мислене. Знанията, свързани с използване на рекурсия при обработката на знания също могат да се представят чрез игрова ситуация в класическия пример за „Ханойските кули“ (Фигура 5)



Фигура 5. „Ханойските кули“

Описанието на игровата ситуация на Пролог може да се представи така:

```
move(1, X, Y, _) :- // „Дъно“ на рекурсията
  write('Премести пул от'),
  write(X),
  write(' върху '),
  write(Y), nl.

move(N, X, Y, Z) :- // Рекурсивна процедура – съдържа лява и дясна рекурсия
  N > 1,
  M is N-1,
  move(M, X, Z, Y),
  move(1, X, Y, _),
  move(M, Z, Y, X).
```

Ако зададем следния въпрос към БД: ?- move(3, a, c, b), получаваме следния отговор от интерпретатора на Пролог:

```
Move top disk from a to c
Move top disk from a to b
Move top disk from c to b
Move top disk from a to c
Move top disk from b to a
Move top disk from b to c
Move top disk from a to c
true
```

Авторите смятат, че използването на все още не изучаван допълнителен материал по различни учебни дисциплини и провеждането на самостоятелни проучвания не е проблем, а цел на обучението. Очакването е мотивирането на необходимостта от тези знания да предизвикат любопитството, любознателността и активността на учениците.

През последните две учебни години в няколко иновативни, профилирани и професионални паралелки в Пловдив започна експериментална работа и апробация по въвеждането на различни аспекти от учебната програма по изкуствен интелект. Сформирахме екип за обмен на идеи, задачи и учебни материали. Въпреки трудностите, резултатите от обучението дават основание да твърдим, че изкуственият интелект се възприема с желание и интерес от ученици и родители.

Историята на човешкото развитие, започвайки от аграрната, а след това първата, втората и третата индустриални революции и достигна до четвъртата индустриална в наши дни, в която повратните точки съдържат основните характеристики на изкуствения интелект. С този курс се надяваме учениците да стигнат до убеждението, че изкуствения интелект е бързо развиваща се наука, в която има още много задачи, които очакват своето решаване и своите бъдещи изследователи.

#### References:

1. Klaus Schwab, *The Fourth Industrial Revolution*, publ. Crown Business, USA, 192 pages, ISBN-10: 9781524758868, ISBN-13: 978-1524758868, 2017
2. Stanimir Stoyanov, Todorka Glushkova, Yordan Todorov, *Izkustven intelekt. Reshavane na problemi posredstvom tarsene*, izd. Izkustva, <http://www.izkustva.net/intelekt.html>, ISBN: 9786197243871, 2019
3. Todorka Glushkova, Stanimir Stoyanov, *Artificial Intelligence in Secondary School, Education and Technologies*, 10/2019, issue 1, ISSN 1314-1791, DOI: <http://doi.org/10.26883/2010.191.1470>, [http://www.edutechjournal.org/?page\\_id=1470&lang=en](http://www.edutechjournal.org/?page_id=1470&lang=en)
4. Xin Geng, Byeong-Ho Kang, *Trends in Artificial Intelligence: 15th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence*, Nanjing, China, August 28–31, 2018, *Proceedings*, Springer, 524 pages, 2018
5. Russell S., Norvic P., *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Pearson, 2016, 1132 pages, ISBN 1292153962, 2016