ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ И ЛОГИЧЕСКО ПРОГРАМИРАНЕ В STEM ОБУЧЕНИЕТО

Венета Табакова-Комсалова[1], Атанас Дуковски[2], Ласка Костадинова-Цанкова[3], Магдалена Мъглижанова[4]
[1, 2] Институт по информационни и комуникационни технологии – БАН, София
[1, 3] Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“, Пловдив
[4] Професионална гимназия по електротехника и електроника, Пловдив

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LOGIC PROGRAMMING IN STEM EDUCATION

Veneta Tabakova-Komsalova[1], Atanas Dukovski[2], Laska Kostadinova-Tsankova[3], Magdalena Maglizhanova[4]
[1, 2] Institute of Information and Communication Technologies – Bulgarian Academy of Sciences, Sofia
[1, 3] University of Plovdiv „Paisii Hilendarski“, Plovdiv
[4] Professional high school of electrical engineering and electronics, 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: In this article, the authors present one possibility for introducing artificial intelligence training, specifically Prolog logic programming, into the secondary school. The choice of Prolog logic programming as an appropriate artificial intelligence topic for secondary school study is motivated. The training is planned to take place within the school's STEM centers. The introduction is carried out through the training of science, mathematics and informatics teachers for the subsequent training of students in the school's STEM centers. The authors describe the structure and content of the curriculum created. The first results of the implementation of this program in teacher training are presented. One of the goals is to create a network of STEM centers offering training in artificial intelligence. The preferred form is project-based learning and multidisciplinary lessons. For the better organization of this training, a project called „Digital Bulgaria in Prolog“ has been proposed. The content of the project is demonstrated with a selected concrete example. Within this project, during the training courses, training resources are created that can be used by the participants of the network. Our experience shows that such organized training stimulates the teamwork of teachers from different specialties.

Keywords*: education, artificial intelligence, logic programming, STEM, mineral waters.*

Prolog е език за програмиране на високо ниво, свързан предимно с изкуствения интелект и компютърната лингвистика [1]. Prolog, е един от първите логически езици за програмиране и има значително влияние върху ИИ още от самото си създаване. Prolog означава „PROgramming in LOGic“ и това е един от най-разпространените езици, използвани за логическо програмиране. Създаден през 70-те години на миналия век, Prolog има своите корени в математическата логика. Използването му за моделиране на логически проблеми е естествено, но отвъд логиката, предлагаме използването и изучаването на Prolog за повечето предмети изучавани в средното училище. Ние твърдим, че използването на Prolog е полезно с това, че изисква правилно моделиране на проблем, което е от съществено значение за развиване на умения за решаване на проблеми, тъй като често е ключът за намиране на решение. В същото време учениците откриват нов език за програмиране, който е по-лесен за научаване от императивните езици, тъй като синтаксисът е близък до естествения език, а езиковата спецификация е по-синтетична от традиционните императивни езици. [2], [3].

Базиран на предикатната логика, Prolog е особено подходящ за изразяване на връзки между обекти, проверка свойствата на тези връзки, валидиране на съгласуваността на логическите правила или за присъщите възможности на база данни. Въпреки това въвеждането на Prolog в образователната система вече на ниво средно образование и използването му като допълнение към традиционните училищни предмети предоставя нова и обогатяваща форма на обучение, която може да се окаже, че улеснява придобиването на определени знания [4].

Решаването на проблем в Prolog означава неговото описание и без значение как описвате проблема, без значение колко разнообразно е описанието, Prolog винаги ще върне отговор. Отговорът на Prolog

потвърждава, че областта на знанието е достатъчна, за да се стигне до заключение, докато неуспехът не показва, че исканата цел не може да бъде постигната. Това показва, че целта не може да бъде постигната, чрез изразеното знание (под формата на правила и факти), т.е. базата знания е недостатъчна. Важно е да отбележим, че езиците за програмиране се развиват бързо и е вероятно да преминат от широко разпространена употреба към по-умерена употреба, следователно, запознаването на учениците с компютърен език не трябва да се избира непременно въз основа на неговата популярност, а по-скоро на неговия образователен потенциал.

Възможностите за използване на ограничена предикатна логика като език за програмиране и логическо програмиране за общи декларативни системи бяха представени за първи път в [5]. В [6] се обсъжда логическото програмиране, приложено за лингвистичен анализ. Първата програма на езика Prolog, внедрена в Марсилия през 1972 г., беше френска система за отговори на въпроси. През лятото на 1972 г. Ален Колмерауер и неговият екип в Марсилия разработват и внедряват първата версия на езика за логическо програмиране Prolog. Заедно с по-ранните и по-късни сътрудничества на Робърт Ковалски и неговите колеги в Единбург, тази работа поставя практическите и теоретични основи за днешното логическо програмиране на Prolog. Използването на Prolog като практически език за програмиране получава голям тласък от разработването на компилатор от Дейвид Уорън в Единбург през 1977 г. Prolog и свързаните с него технологии скоро след това стават ключови инструменти за символно програмиране и изкуствен интелект.

През 2022 г. се навършват 50 години от създаването на езика за логическо програмиране Prolog. Във връзка с наши публикации, свързани с внедряване изучаването на ИИ и логическо програмиране на езика Prolog в средното училище, бяхме поканени за участие във форум “2022: Годината на Пролог”. Годината на Prolog подчертава продължаващото значение на Prolog и логическото програмиране както за символичен, обясним ИИ, така и за компютрите като цяло. Освен това има за цел да вдъхнови ново поколение ученици и студенти, като ги запознае с по-щадящ за хората, основан на логиката подход към изчисленията. Тази образователна инициатива ще използва езика Prolog за запознаване на ученици и младежи с логика, програмиране и изкуствен интелект и също така ще картографира и предоставя образователни ресурси на Prolog за преподаватели. Това е дългосрочна инициатива, която ще продължи и през следващите години. Нашият екип подпомага внедряване изучаването на ИИ и логическо програмиране на Prolog и чрез проекта „Дигитална България в Пролог“. В него сме заложили създаването на бази знания на езика Prolog за различни области от културно-историческото ни наследство, като: фолклор, исторически и природни забележителности и др. Екипът ни представя този проект пред учители и ученици и поетапно включва заинтересованите от тях. За реализацията е необходимо да се подготвят учители, които в последствие да обучават ученици. Във връзка с това ние провеждаме обучения с учители по конкретно изготвена от нас програма.

Нашият екип работи и по проект „Моделиране на знания в областта на българския фолклор“, към Фонд научни изследвания. Той предлага по-скоро форма за структуриране и моделиране на специализирани знания от областта на българския фолклор. Към дългосрочните цели на проекта се причислява насърчаване на 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. Дейностите в този проект са свързани с работа със STEAM центровете към средните училища в България, като екипът на проекта ще запознае учениците с логическото програмиране и ИИ и получените резултати. В рамките на проекта ще бъдат включени ученици за разработване на втора разширена версия на интелигентната среда. В рамките на проекта се предвижда апробацията му в STEM центровете на партньорските училища. Успешното изпълнение на предвидените в проектното предложение задачи ще доведе също до подобряване на взаимодействието между университета и средното училище, като ще бъдат подготвени и свързани в интердисциплинарна мрежа млади изследователи от няколко партньорски академични институции и ученици от средни училища. Ще бъде създадена споделена изследователска среда за продължаване на интердисциплинарната съвместна работа.

STEM. През 2023 година екипът ни бе поканен от ръководството на Професионална гимназия по електротехника и електроника – гр. Пловдив за участие в разработка на програма за STEM обучение. Разработена бе програма (Таблица 1), с която училището кандидатства по Национална програма „Иновации в действие“. Програмата подкрепя училища с иновативни практики и такива с потенциал за развитие на иновации в областта на природните науки, дигиталните технологии, инженерното мислене и математика (STEM). Такова училище е и Професионална гимназия по електротехника и електроника – гр. Пловдив, което заедно с нас изработи методологии за интегративно учебно съдържание и преподаване по STEM. Предложеното обучение в STEM е за двугодишен курс на обучение, като през първата година учебната програма е по тема „Изкуствен интелект – логическо програмиране на пролог“, а през втората година по тема „Изкуствен интелект – процес на разработка на проект чрез езика Пролог“.

Учебната програма по „Изкуствен интелект – Логическо програмиране на Пролог" е предназначена за обучение на ученици от VIII клас в Професионална гимназия по електротехника и електроника, град Пловдив. Програмата по изкуствен интелект предвижда овладяването на задълбочени теоретични познания в областта на интелигентните системи и усвояването на разнообразни практически умения, свързани с приложения на методи и техники на изкуствения интелект в широк кръг от направления на информатиката и информационните технологии. В програмата са включени теоретични основи на класическия изкуствен интелект, моделиране на знания и проектиране на бази от знания, извличане на информация, обработка на знания, семантични технологии, съветващи системи и др.

Таблица 1. Структура на учебна програма „Изкуствен интелект – логическо програмиране на Пролог"

№ по ред	Наименование на разделите	Минимален брой часове теория	Минимален брой часове практика
1.	Увод в изкуствения интелект	2	
2.	Знания	2	
3.	Логика	2	
4.	Език за логическо програмиране Пролог	12	16
	Общ минимален брой часове	18	16
	Контрол и оценка	–	2
	Общ брой часове	18	18

Учебната програма по „Изкуствен интелект – процес на разработка на проект чрез езика Пролог" (Таблица 2) е предназначена за обучение на ученици от IX клас в Професионална гимназия по електротехника и електроника, град Пловдив. Програмата по „Изкуствен интелект – процес на разработка на проект чрез езика Пролог" предвижда овладяването на задълбочени теоретични познания в областта на интелигентните системи и усвояването на разнообразни практически умения, свързани с разработката на софтуерен проект, приложения на методи и техники на изкуствения интелект. В програмата са включени теоретични основи за интерактивна разработка на софтуер, моделиране на знания и проектиране на бази от знания, извличане на информация, обработка на знания, програмиране на езика за логическо програмиране Prolog. Обучението през втората година (IX клас) ще запознае учениците с въведение в софтуерното инженерство. Представя се процеса на разработка на софтуер. Разглеждат се различни модели на процеса и се представят детайлно фазите и различните документи, които съпровождат всяка една. Пред учениците се представя един разработен изцяло проект, който се разработва поетапно, преминавайки през всички фази за разработка на софтуер. На учениците се поставят задания за групови проекти по STEM предмети (физика, химия, …). Всяка група започва своята разработка, преминавайки през всички фази от процеса на разработване на софтуер. Всяка група защитава проекта си публично пред класа/училището и изготвя документация на проекта.

Предвид включването на този STEM предмет в учебния план на училището за учебната 2023 – 2024 година бе необходимо обучение на учители от Професионална гимназия по електротехника и електроника – гр. Пловдив. Обучението за въвеждане на учебната програма по „Изкуствен интелект – Логическо програмиране на Пролог" се проведе с учители по предмети от природните науки, математика, информатика и информационни технологии. Учителите се запознаха с учебната програма и преминаха обучението по нея.

Таблица 2. Структура на учебна програма „Изкуствен интелект – процес на разработка на проект чрез езика Пролог"

№ по ред	Наименование на разделите	Минимален брой часове теория	Минимален брой часове практика
1.	Процес на разработка на софтуер.	8	0
2.	Разработка и защита на зададен проект по STEM (физика, химия, …)	0	24
	Общ минимален брой часове	8	24
	Контрол и оценка	1	3
	Общ брой часове	9	27

Учебната програмата за обучение по „Изкуствен интелект – логическо програмиране на Пролог" дава възможност за балансирано овладяване на теоретичния и практическия материал по предмета. Целите и очакваните резултати от обучението по дисциплината съответстват на целите в разработената стратегия

за развитие на изкуствения интелект, образованието и науката до 2030 г. на МОН, квалификационната характеристика и очакванията на работодателите. Съдържанието на учебната програма в много голяма степен съдържа необходимите и най-нови знания, специфични практически и професионални умения. Учебното съдържание е съобразено с образователния етап, в който се въвежда. Новите знания и упражненията са балансирани. Съразмерността на отделните теми и съответствието им с изискванията на потребителя (ученика, учителя) е добре съобразена. На лице са междупредметни връзки природните науки и математиката, както и с обществените науки, както и разнообразие и ефективност на методите на преподаване. Налична е техника за преподаване и визуализация и нейното ефективно използване в учебния процес в STEM центъра на училището. На лице са критерии за разграничаване на различните нива на постижения, методи за изпитване и критерии за оценяване на знанията и уменията.

След проведената квалификация на учителите, за да оценим знанията и уменията им трябваше да се изготвят проекти, реализирани на езика Prolog. По този начин те ще са компетентни да подготвят своите проектни задания за учениците и да подпомагат реализирането им. След обсъждане за избор на тема групата учители се ориентираха към тема, свързана с изключителното богатство на горещи минерални извори в България, разпръснато из цялата страна. Темата е много добре обмислена, тъй като тя обхваща всички предмети, преподавани от учителите участвали в обучението (химия, физика, биология, математика, информатика). Видно от учебните програми е, че е заложено проектно базирано обучение.

ПРИМЕР STEM. България разполага с изключително богатство на горещи минерални извори, разпръснати из цялата страна. Това я прави много популярна дестинация за множество туристи от цяла Европа и света. България е на второ място в Европа след Исландия по ресурси на натурална минерална и изворна вода с естествен произход, уникален състав и питейни качества. Най-значимите водоизточници с доказани характеристики на минералните води са около 500 на брой, хиляди са и находищата на натурални изворни води. Към момента общият брой на регистрираните находища в страната е 146. Тези, които са предоставени за бутилиране, са 15, от които 14 се използват ефективно. Капацитетът на находищата е 4185 литра в секунда или около 132 милиарда литра годишно – дебит, който в пъти надвишава средногодишното потребление на бутилирани води в света, равняващ се на около 45 милиарда литра. От огромното богатство на води в страната обаче реално се използват едва 30%. Останалият ресурс остава свободен, вместо да се оползотвори с цел ръст на индустрията и туризма.

Наред със своите балнеологични и лечебни свойства българските води са изключително интересни като състав и предпочитани заради питейните им качества. По своята физико-химична характеристика в България практически са застъпени почти всички познати в природата води. Формирани в продължение на векове, те са специфични за региона, от който произлизат – например Родопите, Стара планина, Рила, Пирин, като от древността до днес са използвани за лечение на многобройни заболявания.

Минералната вода в България е известна и ценена още от времето на Римската империя. Тя се отличава със своя богат химичен състав, който включва различни минерали и елементи, предоставяйки ѝ уникални лечебни свойства. България е известна като една от водещите балнеологични дестинации в света, което се дължи на богатството ѝ от минерални извори и лечебни води, които са били доказано ефективни в подобряването на здравето на хората в продължение на векове. В последните години са проведени редица изследвания, които потвърждават ефективността на минералната вода при различни заболявания.

Важно е да се отбележи, че минералната вода в България не е просто туристическа атракция, но и част от националното богатство и културно наследство.

За разработването на проект за минерални води с помощта на езика Prolog учителите преминават през процеса на разработка на софтуер. По този начин те подготвят за представяне пред учениците един разработен изцяло проект, който се разработва по етапно преминавайки през всички фази за разработка на софтуер (анализ, проектиране, разработка и тестване).

Анализ. На този етап учителите разучават литература по темата и определят обекти, релации и характеристики. Тук активно се включват учителите по химия, физика и биология. Събира се, обработва и класифицира информация за различните видове минерални води, техните свойства, лечебни ползи, характеристики на водите, класификации, определят се видовете спрямо начин на добив, химичен състав и свойства на водата.

Определяне вида на водата спрямо химичния ѝ състав. В състава на минералната вода се съдържат разтворени минерални соли, микроелементи и някои биологични активни компоненти (HCO_3,SO_4,Cl,Na и др) [7]. По химичен състав минералните води също могат да се делят на:

- слабо минерализирани (до 2 g/l)
- умерено минерализирани (2 до 15 g/l)
- силно минерализирани (15 – 30 g/l)
- разсолни (30 – 60 g/l)
- силно разсолни (над 60 g/l)

Също така минералните води се делят на сулфидни, радонови, сулфатни, хидрогенкарбонатни, хлоридни (хлоридно-натриеви, над 1200 mg/l хлоридни йони), въглекисели (повишено съдържание на въглероден диоксид над 400 mg/l), флуорни води (над 1,5 mg/l флуор), както и такива и без балнеологични съставки [8].

Според температурата си минералните води биват:

- студени (до 37 °C – температурата на човешкото тяло)
- топли (от 37 до 60 °C)
- горещи (над 60 °C)

Видове спрямо свойствата на водата. *Естествено газирана вода*. Имат повишено съдържание на въглероден диоксид - над 400 mg/l. Обикновено са студени с разтворени в тях соли.

Алкална вода. Някои видове минерална вода имат високо ниво на pH, което ги прави по-алкални. Този тип вода понякога се рекламира като имаща ползи за здравето, като намаляване на възпалението и подпомагане на храносмилането.

Термална. Този тип минерална вода се нагрява естествено от геотермална дейност и може да има високо минерално съдържание. Често се рекламира като притежаващ терапевтични свойства, като подобряване на кръвообращението и намаляване на мускулното напрежение.

Примерна обобщена справка за състав на водата е показана в таблица 3.

Таблица 3. Химичен състав на някои минералните води

Извор/ Населено място	T°C	M mg/l	pH	HCO_3	SO_4	Cl	Na
Изворище (Бургаска област)	24	460	7,8	256	34	15	84
Велинград	22	1976	9,15	24	26	4	50
Девин	44	223	9,4	101	20	2	70
Банкя	20	417	7,3	297	10	3	16
Сапарева баня	57	707	9,4	116	244	30	212

Проектиране. Описват се обектите и релациите между тях. Какви характеристики притежава даден обект. Изготвя се класификация и нива на вложеност. Определя се типа на машината за извод.

Разработка и тестване. На този етап започва описването на правила и факти на езика Prolog. Изгражда се базата знания за конкретната област. Описват се обектите в базата знания, релациите и характеристиките на различните типове води. Участват активно всички учители от групата.

```
%%%
```

Разработен е пример описан с правила и факти на езика Пролог (Фиг. 1). В базата знания са описани факти по следния начин:

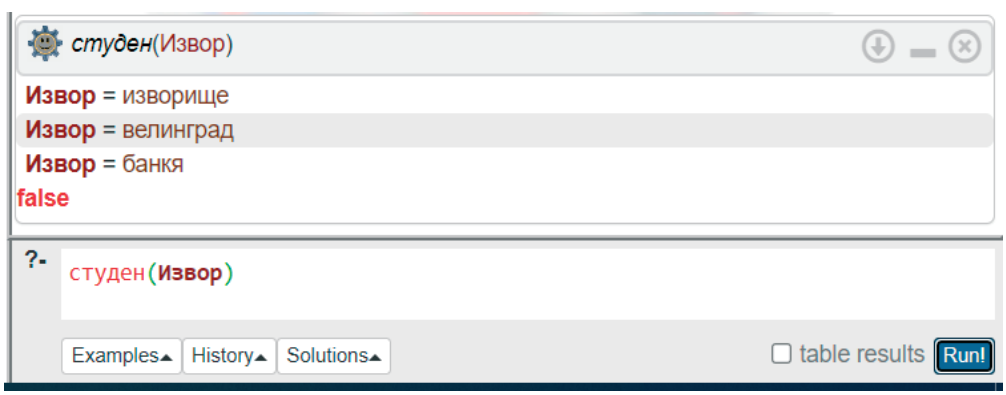
минерален_извор(Извор, [T,M,PH,HCO3,SO4,Cl,Na]).

където първият аргумент на предиката минерален_извор е променливата Извор, приемаща като стойност наименованието на извора (местонахождение), а вторият аргумент е списък с характеристики на водата. Списъкът е от седем елемента. Първият приема стойности за температура на водата, вторият – минерали, третият – pH и т.н.

След изграждането на базата знания се описва класификацията на минералните води според температурата с правила от типа:

студен(Извор) :- минерален_извор(Извор, [T,_,_,_,_,_,_]), T < 37.

Тъй като, Извор отново е променлива, приемаща като стойност наименованието на извора (местонахождение), за да се определи наименованието на студен извор, се проверяват характеристиките въведени като факти за този минерален_извор(Извор, [T,_,_,_,_,_,_]), като се проверява стойността първия елемент на списъка (променливата T) дали е със стойност по-малка от 37 градуса. И ако това е изпълнено, връща като резултат наименованието на извора (Фиг. 2).



Фигура 2. Отговор от системата на въпрос за студен извор

Аналогично може да се зададат и други въпроси към системата, свързани с въведената база знания.

Заключение. За създаване на учебната програма по STEM обучение в Професионална гимназия по електротехника и електроника – гр. Пловдив бе сформиран екип с учители по природни науки и нашата група. Проведено бе обучение на учителите по темата за първата учебна година, а именно „Изкуствен интелект – логическо програмиране на Пролог“. По време на обучението възникнаха различни идеи за проект, който да бъде изцяло разработен и използван от учителите в обучението на учениците. Учителите бяха много вдъхновени и мотивирани от където следва и добрия резултат, който показахме. Те изразиха своите впечатления от запознаването с езика за логическо програмиране Prolog, като изказаха следните мнения: „Езикът Пролог е лесен за разбиране от хора непрограмисти“, „Много ми харесва декларативният начин на описание на програма на Пролог“, „Считам, че ще е интересно да се сблъскат предмети като химия, физика, биология с програмирането и информатиката“, „Приятно е да представям знания от различни области, като география, история, химия“ и др.

Логическият подход (и езикът Prolog) е фундаментален за моделирането на знанието. Освен това програмирането на Prolog е лесно и разбираемо, тъй като е близко до естествения език. Всичко това ни мотивира да изберем езика Prolog като основен инструмент за реализиране на представеното в статията STEM обучение.

Изпълнението на тази инициатива ще вдъхнови ново поколение ученици, като ги запознае с удобен, логически базиран език за програмиране и ще повиши интереса им към културно-историческото наследство на България. Освен това учениците ще придобият знания, свързани с други предметни области, които изучават (химия, физика, биология и др.) и как тези знания могат да бъдат представени в интелигентни системи. Ще се стимулира и творческото и абстрактно мислене на учениците.

Очакваме и подготовката на материалите по обучението в STEM да спомогне за повишаване на интереса към други учебни дисциплини, като история и география на България, българско културно-историческо наследство, български фолклор. Ние виждаме това начинание като продължение на усилията за въвеждане на обучение по ИИ в средното училище и запознаване на учениците с класическия ИИ. След което да продължат с основните принципи на съвременния ИИ, запознавайки се с различни видове машинно учене, обработка на естествени езици, компютърно зрение, данни и големи данни, роботика и др.

References:

1. https://alignminds.com/programming-languages-ai-development/
2. Tabakova-Komsalova, V., Stoyanov, S., Stoyanova-Doycheva, A., Doukovska, L. Prolog Education in Selected Secondary Schools in Bulgaria. Prolog: The Next 50 Years, vol 13900. Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-031-35254-6_12, Online ISBN978-3-031-35254-6, Online ISBN978-3-031-35254-6
3. David S. Warren, Introduction to Prolog, Prolog: The Next 50 Years. vol 13900. Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-031-35254-6_12, Online ISBN978-3-031-35254-6, Online ISBN978-3-031-35254-6
4. Max Bramer, Logic Programming with Prolog, 2005, Springer Science+Business Media, ISBN-10: 1-85233-938-1, ISBN-13: 978-1852-33938-8, springeronline.com, https://drive.uqu.edu.sa/_/fbshareef/files/textbook.pdf
5. Kowalski, R., „Predicate Logic as a Programming Language," in Proceedings of the IFIP Congress, Stockholm, North Holland Publishing Co., 1974 g., str. 569–574.
6. Colmerauer, A., Kanoui, H., Pasero, R. i Roussel, P. (1973). Un syst´eme de communication homme–machine en Franc¸ais. Rapport, Groupe d'Intelligence Artificielle, Universit´e d'Aix-Marcelle II.
7. Kaneva, M., Ignatov, I., Kozludzhova, S., Kostov, G., Harakteristika na butiliranite vodi v Bulgaria, Chast 1. Mineralizatsia na vodite (Harakteristiki na butiliranata voda v Bulgaria, I. Mineralizatsia na vodata), 2012, Hrani i nauka, Universitet po hranitelni tehnologii, Plovdiv, https://www.researchgate.net/publication/311582802_Harakteristika_na_butiliranite_vodi_v_Blgaria_Cast_1_Mineralizacia_na_vodite_Characteristics_of_the_bottled_water_in_Bulgaria_I_Water_mineralization
8. Vankova, M., D. Kalcheva. 1938. Fiziko-himichni i biologichni prouchvania na mineralnite vodi. Mineralni vodi ot Sofiyska oblast: Sofiyska, Gorno-banska, Knyazhevska, Ovchakupel, Bankya. - God. SU, fiz.-mat. fak., 34, 2-himia, 411-447.