

ISSN 2738-2923

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

«ՎԱՆԱԶՈՐԻ Հ. ԹՈՒՄԱՆՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ»
ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ



ՎԱՆԱԶՈՐԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

Բնական և ճշգրիտ գիտություններ

1

ՎԱՆԱԶՈՐ – 2025

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

«ՎԱՆԱԶՈՐԻ Հ. ԹՈՒՄԱՆՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ
ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ» ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ

ՎԱՆԱԶՈՐԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

Բնական և ճշգրիտ գիտություններ

1

ՎԱՆԱԶՈՐ – 2025

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ,
КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА**

**ФОНД «ВАНАДЗОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ О. ТУМАНЯНА»**

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

**ВАНАДЗОРСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Естественные и точные науки

1

ВАНАДЗОР – 2025

**RA MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE,
CULTURE AND SPORT**

**“VANADZOR STATE UNIVERSITY AFTER H. TUMANYAN”
FOUNDATION**

**SCIENTIFIC PROCEEDINGS OF
VANADZOR STATE UNIVERSITY**

Natural and Exact Sciences

1

VANADZOR – 2025

Տպագրվում է «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան
պետական համալսարան» հիմնադրամի գիտական խորհրդի որոշմամբ

Խմբագրական խորհուրդ

Սահակյան Ռ. Ռ., տեխն. գ. դ. (խմբագրական խորհրդի նախագահ, գլխավոր
խմբագիր)

Հովսեփյան Վ. Վ., կ. գ. թ. (խմբագրական խորհրդի նախագահի տեղակալ)

Թովմասյան Մ. Հ., ֆ-մ. գ. թ. (պատասխանատու քարտուղար)

Խմբագրական խորհրդի անդամներ

Օսիպյան Լ. Լ., կ. գ. դ., ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս

Ցիրլին Ա. Մ., տեխն. գ. դ.

Ժաֆև Ս. Պ., ֆ-մ. գ. դ.

Քամայան Ռ. Ջ., տեխն. գ. դ.

Կիպրուշկինա Ե. Ի., տեխն. գ. դ.

Հակոբյան Ռ. Ս., ֆ-մ. գ. դ.

Սուքիասյան Գ. Ս., տեխն. գ. դ.

Հունանյան Ս. Ա., գ. գ. դ.

Հարությունյան Լ. Ռ., ք. գ. դ.

Դավաթյան Ռ. Վ., ֆ-մ. գ. դ.

Ղազարյան Հ. Ա., ք. գ. դ.

Վարդանյան Ջ. Ս., կ. գ. դ.

Թադևոսյան Գ. Պ., ա. գ. թ.

Ծատուրյան Ա. Մ., մ. գ. դ.

Կյուրեղյան Ա. Ս., ֆ-մ. գ. թ.

Ղազարյան Ա. Հ., ք. գ. թ.

Մամիկոնյան Հ. Ա., ֆ-մ. գ. թ.

Սայադյան Մ. Կ., մ. գ. թ.

Սաքանյան Մ. Ա., ֆ-մ. գ. թ.

Փարսադանյան Ս. Մ., ֆ-մ. գ. թ.

Օհանյան Հ. Հ., տեխն. գ. թ.

ՎԱՆԱՁՈՐԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

/ Բնական և ճշգրիտ գիտություններ, 1 // ՀՀ կրթության, գիտության, մշակույթի և
սպորտի նախարարություն, «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական
համալսարան» հիմնադրամ/։ Խմբ. խորհուրդ՝ Ռ. Սահակյան և այլք. – Վանաձոր:
2025. –172 էջ:

Ժողովածուն ամփոփում է մաթեմատիկական, բնագիտական, տեխնիկական
գիտությունների տարաբնույթ հարցերին վերաբերող գիտական և գիտամեթոդական
հոդվածներ, որոնք խմբագրական խորհրդի անդամները գրախոսել, խմբագրել և
երաշխավորել են տպագրության:

ISSN 2738-2923

© Հեղինակային խումբ, 2025

© «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, 2025

Печатается по решению ученого совета
Фонда «Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна»

Редакционный совет

Р. Р. Саакян, д. тех. н. (председатель редакционного совета, главный редактор)

В. В. Овсепян, к. б. н. (заместитель председателя редакционного совета)

М. А. Товмасян, к. физ.-мат. н. (ответственный секретарь)

Члены редакционного совета

Л. Л. Осипян, д. б. н., член-корр. НАН РА

А. М. Цирилин, д. тех. н.

А. П. Жабко, д. физ.-мат. н.

Р. З. Камалян, д. тех. н.

Е. И. Кипрушкина, д. тех. н.

Р. С. Акопян, д. физ.-мат. н.

Г. С. Сукиасян, д. тех. н.

С. А. Унанян, д. с./х. н.

Л. Р. Арутюнян, д. х. н.

Р. В. Даллакян, д. физ.-мат. н.

Г. А. Казарян, д. х. н.

З. С. Вардanian, д. б. н.

Г. П. Тадевосян, к. г. н.

А. М. Цатурян, д. пед. н.

А. С. Кюрегян, к. физ.-мат. н.

А. Г. Казарян, к. х. н.

А. А. Мамиконян, к. физ.-мат. н.

М. К. Саядян, к. пед. н.

М. А. Саканян, к. физ.-мат. н.

С. М. Парсадanian, к. физ.-мат. н.

Э. Г. Оганян, к. тех. н.

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ ВАНАДЗОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА / Естественные и точные науки, 1 // Министерство образования,
науки, культуры и спорта РА, Фонд «Ванадзорский государственный университет
имени О. Туманяна»/. Ред. совет – Р. Саакян и др. – Ванадзор, 2025. – 172 с.

В сборнике представлены научные и научно-методические статьи, относящиеся к различным вопросам математических, естественных, технических наук, которые после рецензирования и редактирования были рекомендованы к печати по решению редакционного совета.

ISSN 2738-2923

© Авторская группа, 2025

© Фонд «Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна», 2025

Editorial Board

R. R. Saakyan, Doctor of Technical Sciences (Chairman of the Editorial Board,
Chief Editor)

V. V. Hovsepyan, Candidate of Biological Sciences (Deputy Chairman of the Editorial Board)

M. H. Tovmasyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Secretary-in-Charge)

Editorial Board Members

L. L. Osipyan, Doctor of Biological Sciences, Member of NAS

A. M. Tsirilin, Doctor of Technical Sciences

A. P. Zhabko, Doctor of Physical and Mathematical Sciences

R. Z. Kamalyan, Doctor of Technical Sciences

E. I. Kiprushkina, Doctor of Technical Sciences

R. S. Hakobyan, Doctor of Physical and Mathematical Sciences

G. S. Sukiasyan, Doctor of Technical Sciences

S. A. Hunanyan, Doctor of Agricultural Sciences

L. R. Harutyunyan, Doctor of Chemical Sciences

R. V. Dallakyan, Doctor of Physical and Mathematical Sciences

H. A. Ghazaryan, Doctor of Chemical Sciences

Z. S. Vardanyan, Doctor of Biological Sciences

G. P. Tadevosyan, Candidate of Geographical Sciences

A. M. Tsaturyan, Doctor of Pedagogical Sciences

A. S. Kyureghyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences

A. H. Ghazaryan, Candidate of Chemical Sciences

H. A. Mamikonyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences

M. K. Sayadyan, Candidate of Pedagogical Sciences

M. A. Saqanyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences

S. M. Parsadanyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences

H. H. Ohanyan, Candidate of Technical Sciences

SCIENTIFIC PROCEEDINGS OF VANADZOR STATE UNIVERSITY / Natural and Exact Sciences, 1 / RA Ministry of Education, Science, Culture and Sport, “Vanadzor State University after H. Tumanyan” Foundation/. Editorial Board: R. Saakyan, etc. – Vanadzor. 2025. – 172 p.

The collection summarizes various issues on Mathematical, Natural and Technical Sciences, as well as the scientific, scientific and methodological articles, which have been reviewed, edited and recommended for publication by the members of the Editorial Board.

ISSN 2738-2923

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ

ИНФОРМАТИКА

INFORMATICS

**Դասական մեքենայական ուսուցման համար նոր փոփոխականների
մշակում խորը ուսուցման միջոցով**

Առաքելյան Գառնիկ

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-8>

Հանգուցային բառեր. *նեյրոնային ցանցեր, լոգիստիկ ռեգրեսիա, նեյրոփոփոխականներ, սքորինգային մոդել, ROC կոր, PR կոր, որակական ցուցանիշներ*

Նախաբան

Մեքենայական ուսուցման արագատեմպ աճը հանգեցրել է նրան, որ ներկայումս այդ տեխնոլոգիան ակտիվ կիրառվում է տարբեր ոլորտներում տարբեր խնդիրների լուծման համար, օրինակ՝ բինար դասակարգման խնդիրների լուծման համար: Մակայն մշակված մոդելների որակը պայմանավորված է լինում ոչ միայն ճիշտ ընտրված ալգորիթմով, այլ նաև ուսուցման համար ընտրանքում ներառված փոփոխականներով: Այդ իսկ պատճառով մոդելավորման ժամանակ առկա տվյալների ընտրանքում հաճախ բացակայում են կարևոր փոփոխականներ, որոնք կարող են նկարագրել տվյալներում առկա գաղտնի օրինաչափությունները:

Սույն հետազոտության շրջանակում ուսումնասիրվել է նեյրոնային ցանցերի միջոցով նոր փոփոխականների գեներացումը, որոնք կարող են բացահայտել տվյալներում առկա գաղտնի օրինաչափությունները և կիրառվել դասական մեքենայական ուսուցման մոդելների կառուցման ժամանակ: Արդյունքում կիրառելով բացահայտված փոխկապակցվածությունները՝ հնարավոր է մշակել բարդ խնդիրների լուծման համար որակապես առավել լավ դասական պարզ մոդելներ:

Փորձարկումները իրականացվել են բանկերում վարկային ռիսկի գսպման նպատակով սքորինգային մոդելի մշակման շրջանակում: Այդ խնդիրը էությամբ իրենից ներկայացնում է մեքենայական ուսուցման բինար դասակարգման խնդիր՝ հաճախորդներին անհրաժեշտ է դասակարգել «լավ» և «վատ» խմբերի: Խնդրի լուծման համար իրական վարկային դիտարկումների հիման վրա մշակվել է պարզ նեյրոնային ցանց: Այնուհետև ստացված ցանցի նախավերջին շերտից հավաքագրվել են նոր փոփոխականները: Փորձարկման շրջանակում, որպես դասական մեքենայական ուսուցման մոդել, ընտրվել է լոգիստիկ ռեգրեսիայի ալգորիթմը, որի միջոցով մշակվել է երկու մոդել՝ առանց ստացված նոր փոփոխականների կիրառմամբ և նոր փոփոխականների կիրառմամբ: Ստացված երկու մոդելները համեմատվել են միմյանց հետ:

Նոր ստացված փոփոխականների մոդելում ներառման ազդեցությունը գնահատվել է՝ կիրառելով տարբեր որակական մետրիկաներ (Accuracy, Precision, Recall, F1, ROC AUC, PR AUC), ինչպես նաև գնահատելով դրանց վիճակագրական կարևորությունը t-թեստի միջոցով:

Հետազոտության արդյունքները կիրառելի են գործնականում առավել որակապես լավ դասական մեքենայական ուսուցման մոդելների մշակման ժամանակ:

Հոդվածի բովանդակությունը

Սույն հետազոտության շրջանակում փորձարկումները կատարվել են վարկավորման իրական տվյալներ հիման վրա, ՀՀ տարածքում գործող Յունիբանկի ԲԲԸ-ի օրինակով: Առկա ընտրանքը բաղկացած է թվով 4603 դիտարկումներից և թվով 13 փոփոխականներից՝ վարկառուի տարիք վարկը վերցնելու պահին (20-ից մինչև 65 տարեկան), վարկառուի սեռ (իգական, արական), վարկառուի ամուսնական կարգավիճակ (միայնակ, ամուսնացած, բաժանված, այրի), վարկառուի կրթության աստիճան (գիտական աստիճան, բարձրագույն կրթություն, միջին մասնագիտական կրթություն, դպրոցական կրթություն), սեփականության առկայություն (անշարժ գույքի առկայություն, շարժական գույքի առկայություն, անշարժ և շարժական գույքերի առկայություն, սեփականության բացակայություն), պայմանագրային գումար (30,000-ից մինչև 2,300,000 ՀՀ դրամ), վերջին 12 ամիսների ընթացքում ժամկետանց օրերի քանակ (0-ից մինչև 1600), ուշացումների քանակ (0-ից մինչև 67), ռիսկի դասերի փոփոխությունների քանակ (0-ից մինչև 28), վարկային բեռ (0-ից մինչև 2,984,303 ՀՀ դրամ), բանկային վարկային պատմության երկարություն (0-ից մինչև 488 օր), առավելագույն մարած վարկ (0-ից մինչև 25,131,048 ՀՀ դրամ), դեֆոլտ (0 – ոչ, 1 – այո):

Աղյուսակ 1-ում և 2-ում ներկայացված են առկա իրական տվյալների խմբավորումները և յուրաքանչյուր խմբում դեֆոլտի մասնաբաժինը:

Աղյուսակ 1

Առկա իրական տվյալների բացվածք

<i>Խումբ</i>	<i>Գումար (հազ. դրամ)</i>	<i>Դեֆոլտի մասնաբաժին</i>
Մեռ		
Իգական	612,678	41,2%
Արական	557,540	49,9%
Կրթություն		
դպրոցական կրթություն	1,339	29,4%
գիտական աստիճան	155,561	43,6%
բարձրագույն կրթություն	291,127	44,0%
միջին մասնագիտական կրթություն	722,190	46,2%
Ամուսնական կարգավիճակ		
բաժանված	13,085	23,5%
ամուսնացած	913,540	43,0%
միայնակ	17,931	48,8%
այրի	225,660	55,6%
Ուշացումների քանակ		
0	540,573	40,6%
1+	629,644	49,4%

<i>Խումբ</i>	<i>Գումար (հազ. դրամ)</i>	<i>Դեֆոլտի մասնաբաժին</i>
Վարկային բեռ		
0	317,685	28,6%
1-300,000	207,519	45,3%
300,001+	645,013	53,6%
Պայմանագրային գումար		
0-200,000	520,209	40,9%
200,001-400,000	418,168	42,2%
400,001+	231,840	60,8%

Աղյուսակ 2

Առկա իրական տվյալների բացվածք (Հարունակություն)

<i>Խումբ</i>	<i>Գումար (հազ. դրամ)</i>	<i>Դեֆոլտի մասնաբաժին</i>
Վերջին 12 ամիսների ընթացքում ժամկետանց օրերի քանակ		
0-30	1,155 316	44,7%
31+	14,902	91,1%
Սեփականության առկայություն		
Անշարժ և շարժական գույքի առկայություն	59,682	41,8%
Շարժական գույքի առկայություն	280,834	44,0%
Անշարժ գույքի առկայություն	70,760	44,1%
Սեփականության բացակայություն	758,940	46,2%
Տարիք		
20-25	210,717	53,7%
26-35	350,813	47,6%
36-50	370,738	41,3%
51+	237,949	40,8%
Ռիսկի դասերի փոփոխությունների քանակ		
0	910,921	47,9%
1+	259,297	36,2%
Բանկային վարկային պատմության երկարություն		
0-270	1,156,563	45,4%
271-365	10,143	41,2%
366+	3,512	39,1%
Առավելագույն մարած վարկ		
0-350,000	810,315	45,1%
350,001+	359,903	45,7%

Մոդելավորման նպատակով առկա տվյալները մշակվել են, մասնավորապես՝

1. Առկա ընտրանքը բաժանվել է երկու խմբի՝ ուսուցման և թեստավորման 80 % և 20 % հարաբերակցությամբ:

2. Բոլոր կատեգորիալ փոփոխականների համար ստեղծվել են կեղծ փոփոխականներ՝ կիրառելով Python ծրագրավորման լեզվի Pandas գրադարանի `get_dummies` գործիքը: Ձևափոխության արդյունքում ընտրանքում ավելացել են սյուներ՝ հասցնելով ընդհանուր սյուների քանակը 22 առանց կախյալ փոփոխականի:

3. Իրականացվել է տվյալների ստանդարտացում՝ կիրառելով Python ծրագրավորման լեզվի Sklearn գրադարանի `StandardScaler` գործիքը: Ուսուցման և թեստավորման ընտրանքների միջև տվյալների արտահոսքը բացառելու նպատակով նշված գործիքը կիրառվել է առանձին 1-ին կետում նշված յուրաքանչյուր ընտրանքի համար:

Տվյալներում ձևափոխությունները իրականացնելուց հետո մշակվել է պարզ նեյրոնային ցանց՝ կիրառելով Python ծրագրավորման լեզվի PyTorch գրադարանը: Դիտարկենք ստեղծված ցանցի կառուցվածքը:

1. Ցանցը բաղկացած է մուտքային շերտից, որտեղ առկա են 22 նեյրոն, որը համապատասխանում է փոփոխականների թվին:

2. Ցանցը բաղկացած է 2 թաքնված շերտերից՝ 1-ին շերտում առկա են թվով 64 նեյրոն, իսկ 2-րդ շերտում՝ 32 նեյրոն: Հաշվի առնելով, որ մենք քանակի նեյրոնները կարող են հանգեցնել մոդելի գերուսուցմանը և ոչ նպատակային համակարգչային ռեսուրսների ծախսմանը, վերոնշյալ նեյրոնների քանակը գնահատվել է էմպիրիկ եղանակով:

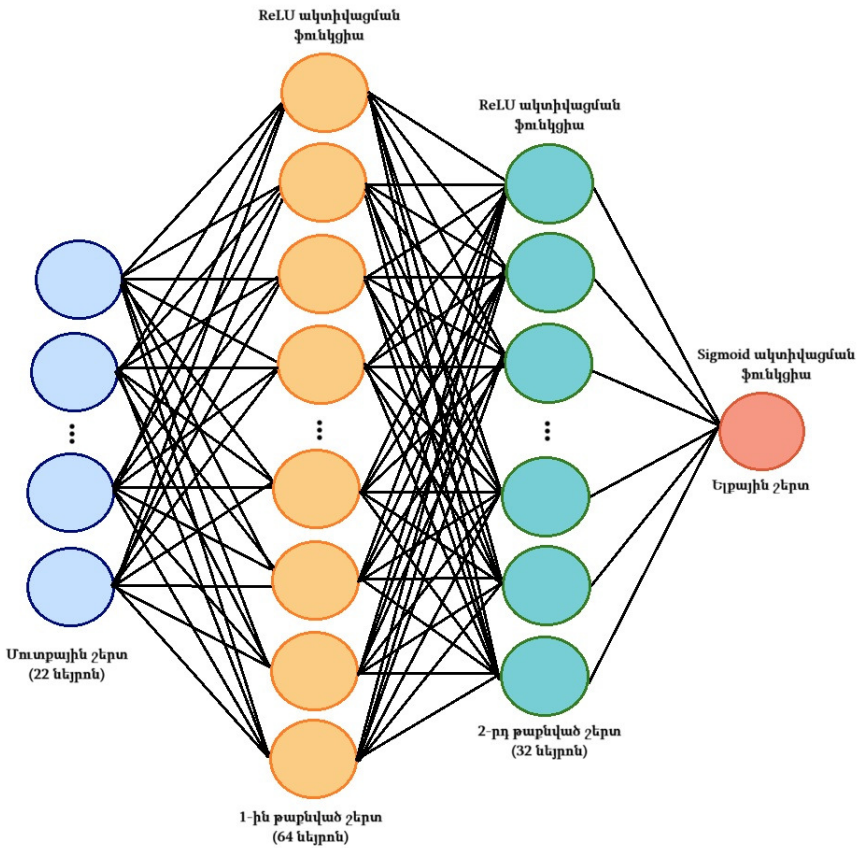
3. Թաքնված շերտերում որպես ակտիվացման ֆունկցիա կիրառվել է ReLU ֆունկցիան, իսկ ելքային շերտում՝ Sigmoid ֆունկցիան:

4. Որպես կորուստի ֆունկցիա կիրառվել է Binary Cross-Entropy Loss:

5. Մոդելում կշիռների և շեղման օպտիմիզացիայի համար կիրառվել է Adam մեթոդը:

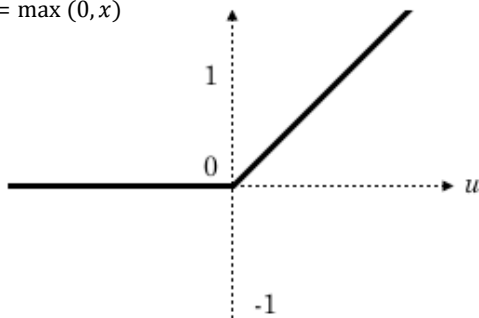
Նկար 1-ում ներկայացված է նեյրոնային ցանցի կառուցվածքը:

Նեյրոնային ցանցի յուրաքանչյուր թաքնված շերտի համար որպես ակտիվացման ֆունկցիա ընտրվել է ReLU (Rectified Linear Unit) [1] ֆունկցիան, որը հանդիսանում է ամենահայտնի և արդյունավետ ակտիվացման ֆունկցիաներից մեկը: Այն իր բնույթով ոչ գծային է, բավականին պարզ է և էֆեկտիվ: Ստորև ներկայացված է ReLU ֆունկցիայի հաշվարկման բանաձևը, իսկ նկար 2-ում ներկայացված է այդ ֆունկցիայի գրաֆիկը:



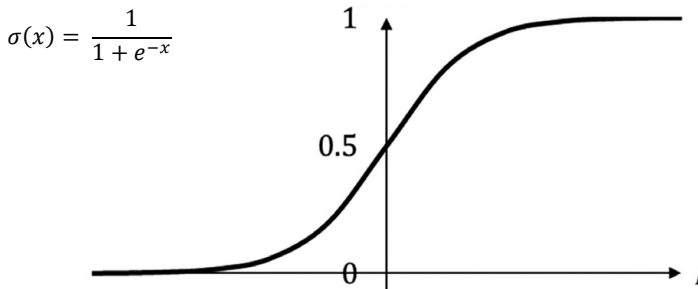
Նկար 1. Ներդրունային ցանցի կառուցվածք

$$ReLU(x) = \max(0, x)$$



Նկար 2. ReLU ֆունկցիայի գրաֆիկ

Նեյրոնային ցանցի ելքային շերտի համար որպես ակտիվացման ֆունկցիա ընտրվել է Sigmoid ֆունկցիան [2], որը գործնականում հաճախ կիրառվում է ելքային շերտում, քանի որ այն մուտքային թիվը ձևափոխում է 0-ից մինչև 1 միջակայքի արժեքի, որը մեկնաբանվում է որպես դրական դասին պատկանելու հավանականություն: Այս ֆունկցիան իր բնույթով ոչ գծային է: Ստորև ներկայացված է Sigmoid ֆունկցիայի հաշվարկման բանաձևը, իսկ նկար 3-ում ներկայացված է այդ ֆունկցիայի գրաֆիկը:



Նկար 3. Sigmoid ֆունկցիայի գրաֆիկ

Հաշվի առնելով, որ նեյրոնային ցանցը լուծում է բինար դասակարգման խնդիր՝ որպես կորստի ֆունկցիա, ընտրվել է առավել հայտնի Binary Cross-Entropy Loss ֆունկցիան, քանի որ այն լավագույնս համընկնում է մոդելի կողմից տրված ելքի հետ և ապահովում է արդյունավետ ուսուցում, արտադրողականություն և կայունություն: Այլընտրանքային կորստի ֆունկցիաները չեն կիրառվել՝ հաշվի առնելով դրանց բացատրելիության պակասը: Ստորև ներկայացված է ընտրված կորստի ֆունկցիայի բանաձևը:

$$Loss = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_{true} * \log(y_{pred}) + (1 - y_{true}) * \log(1 - y_{pred})],$$

Որտեղ N ՝ ընտրանքի քանակն է, y_{true} ՝ յուրաքանչյուր դիտարկման համար փաստացի պիտակն է (բինար դասակարգման խնդրի համար՝ 0 կամ 1), y_{pred} ՝ մոդելի կողմից 1-ին դասին պատկանելու կանխատեսված հավանականություն:

Նեյրոնային ցանցի մոդելը կառուցելիս կշիռների և շեղումների օպտիմիզացիայի համար ընտրվել է Adam (Adaptive Moment Estimation) մեթոդը [3], որը իրենից ներկայացնում է հայտնի գրադիենտային իջեցման ստոխաստիկ մեթոդ, որը իր մեջ ներառում է ինչպես Momentum (գրադիենտային իջեցման մոդիֆիկացիա, որը արագացնում է և կայունացնում է տվյալ մեթոդը), այնպես էլ RMSProp (օպտիմիզացիայի մեթոդ, որը թույլ է տալիս կայուն մոտենալ ֆունկցիայի մինիմումին):

Ստորև նկար 4-ում ներկայացված է նեյրոնայի ցանցի ճարտարապետությունը, որը մշակված է Python ծրագրավորման լեզվի PyTorch գրադարանի հիման վրա:

Նեյրոնային ցանցի մշակումից հետո անհրաժեշտ է դիտարկել դրա որակական ցուցանիշները հասկանալու համար՝ մոդելը ինչ-որ բան սովորել է, թե ոչ: Դա կարևոր է, քանի որ եթե մոդելը ընդհանրապես չի սովորել, ապա դրա հիման վրա ստացված նոր փոփոխականները կարող են չնկարագրել բարդ օրինաչափությունները, և դրանց հետագա կիրառումը կդառնա անիմաստ: Մույն հետազոտության շրջանակում առաջարկվում է այն մոտեցումը, որ եթե նեյրոնային ցանցի որակական ցուցանիշները վկայում են նրա մասին, որ այն ինչ-որ բան սովորել է, ապա մոդելը կարելի է կիրառել հետագա աշխատանքի մեջ՝ նոր փոփոխականներ ստանալու համար:

```
class SimpleNet(nn.Module):
    def __init__(self):
        super(SimpleNet, self).__init__()
        self.feature_extractor = nn.Sequential(
            nn.Linear(22, 64),
            nn.ReLU(),
            nn.Linear(64, 32),
            nn.ReLU()
        )
        self.classifier = nn.Sequential(
            nn.Linear(32, 1),
            nn.Sigmoid()
        )

    def forward(self, x):
        features = self.feature_extractor(x)
        output = self.classifier(features)
        return output

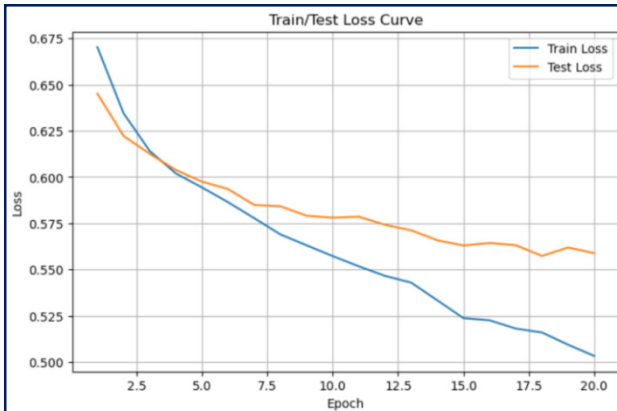
    def extract_features(self, x):
        with torch.no_grad():
            return self.feature_extractor(x)

model = SimpleNet()
```

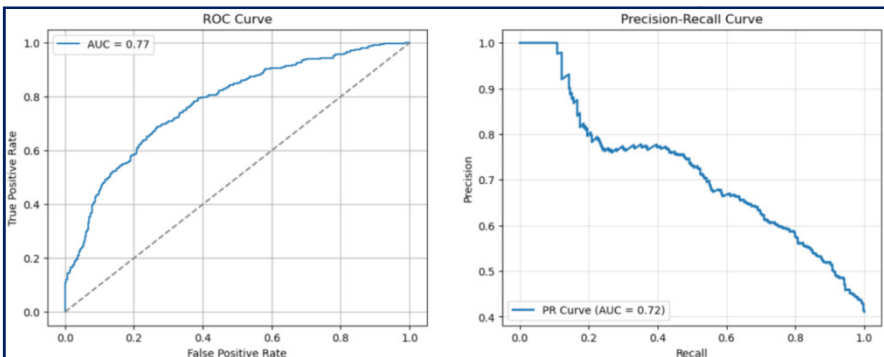
Նկար 4. Նեյրոնային ցանցի ճարտարապետություն

Այսպիսով, աշխատանքի շրջանակում ուսուցման ընթացքում իրականացնելով ընդամենը 20 իտերացիա (epochs) և տվյալները բաժանելով 32 խմբաքանակի (batch) թեստային ընտրանքի վրա՝ ստացվել է, որ Accuracy կազմում է 71.34 %, Precision կազմում է 68,75 %, Recall կազմում է 55,29 %, իսկ F1 Score՝ 61,29 %: Նկար 5-ում ներկայացված է կորստի կորը ուսուցման և թեստավորման ընտրանքների վրա, որտեղից երևում է, որ չնայած այն փաստին, որ 15 իտերացիայից հետո կորուստների տարբերությունը ուսուցման և թեստային ընտրանքների միջև աճում է, միևնույն է, թեստի կորուստը չի աճում, ինչը վկայում է այն

մասին, որ մոդելը ստաբիլ սովորում է: Նկար 6-ում պատկերված է ROC և Precision-Recall կորերը, որոնց AUC ցուցանիշները բավականին լավն են՝ 77 % և 72 % համապատասխանաբար: Ելնելով այս ցուցանիշներից՝ կարելի է եզրակացնել, որ մոդելը ինչ-որ չափ սովորել է և այն կարելի է կիրառել հետազոտության ընթացքում:



Նկար 5. Նեյրոնային ցանցի ուսուցման և թեստային ընտրանքների համար կորուստների կորեր



Նկար 6. Նեյրոնային ցանցի ROC և PR կորեր

Հետազոտության մեջ պարզ մոդելներ մշակելու համար որպես լրացուցիչ նոր փոփոխականներ վերցվել են մշակված նեյրոնային ցանցի 2-րդ թաքնված շերտի արդյունքները, այսինքն՝ առկա տվյալներին ավելացվել են թվով 32 հատ նոր փոփոխականներ: Անվանենք դրանք նեյրոփոփոխականներ: Ստացված նոր նեյրոփոփոխականները բացատրության եթական չեն, սակայն դրանք նկարագրում են գաղտնի օրինաչափությունները, որոնք առկա են տվյալներում:

Նպատակ ունենալով գնահատել ստացված նեյրոփոփոխականների կիրառումը մեքենայական ուսուցման մոդելների կառուցման ժամանակ՝ հետազոտու-

թյան շրջանակում որպես դասական մեքենայական ուսուցման մոդել ընտրվել է լոգիստիկ ռեգրեսիայի ալգորիթմը, որի միջոցով մշակվել է երկու մոդել՝ առանց ստացված նոր փոփոխականների կիրառման և նոր փոփոխականների կիրառմամբ: Նոր փոփոխականների ազդեցությունը գնահատվել է՝ համեմատելով յուրաքանչյուր մոդելի որակական ցուցանիշները մինչև մոդելավորման մեջ ավելացնելը նոր փոփոխականները և դրանից հետո: Ճշգրիտ համեմատությունը ապահովելու նպատակով երկու մոդելներն էլ մշակվել են միևնույն հիպերպարամետրերը միևնույն արժեքների տիրույթում որոնելիս կիրառելով բայեսյան օպտիմիզացման մեթոդը Python լեզվի hyperopt գրադարանի միջոցով: Լոգիստիկ ռեգրեսիայի ուսուցման ժամանակ անհրաժեշտ է օպտիմիզացնել ընտրված հիպերպարամետրերը նշված միջակայքում կամ ընտրել ներկայացվածներից լավագույն տարբերակը: Այսպիսով կարգավորվել են,

1. Penalty հիպերպարամետրը, որը պետք է ընտրվի կամ 12 կամ none արժեքը: L2 կիրառվում է գերուսուցման դեմ պայքարելու համար, իսկ none արժեքը թույլ է տալիս կարգավորում այս պարամետրով չկատարել:

2. C գործակից, որը որոշում է մոդելում ռեգուլյարացման ուժը՝ վերահսկելով մոդելի ճկունությունը և պարզությունը: Արժեքը որոշվում է քրոս-վալիդացիայի միջոցով:

3. Solver պարամետր, որը ցույց է տալիս, թե ինչ ալգորիթմ կիրառել կորստի ֆունկցիայի օպտիմիզացիայի համար: Ընտրվել է lbfgs ալգորիթմը, քանի որ այն L2 ռեգուլյարացման համար կայուն է աշխատում միջին չափսերի տվյալների հետ:

4. Max_iter պարամետր, որը ցույց է տալիս այն մաքսիմալ խտրացիաների քանակը, որը թույլատրվում է օպտիմիզացիոն ալգորիթմին՝ մոդելի լավագույն գործակիցները որոնելու համար: Գերուսուցումից խուսափելու նպատակով ընտրվել է 1000:

Օպտիմիզացիայի համար ընտրվել են միայն վերոնշյալ հիպերպարամետրերը, քանի որ դրանք են թողնում առավելագույն ազդեցությունը մոդելի վրա: Այսպիսով որոնված լավագույն հիպերպարամետրերի արժեքները ներկայացված են աղյուսակ 3-ում: Այս հիպերպարամետրերի հիման վրա էլ մշակվել են լոգիստիկ ռեգրեսիայի երկու մոդելները՝ ուսուցման ժամանակ առկա տվյալներում առանց նեյրոփոփոխականների և նեյրոփոփոխականներով:

Աղյուսակ 3

Հիպերպարամետրերի լավագույն արժեքներ

Հիպերպարամետր	Լոգիստիկ ռեգրեսիա առանց նեյրոփոփոխականների	Լոգիստիկ ռեգրեսիա նեյրոփոփոխականներով
C	0.5184998373813532	0.01931000993903396
penalty	12	None

Աղյուսակ 4-ում ներկայացված են մշակված մոդելների որակական ցուցանիշները, որտեղից երևում է, որ նեյրոփոփոխականների կիրառումը հանգեցնում է մոդելի որակական ցուցանիշների զգալի բարելավմանը:

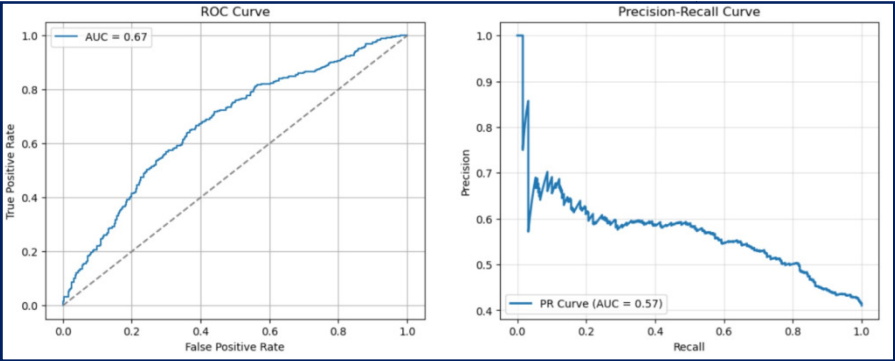
Աղյուսակ 4

Մոդելների որակական ցուցանիշներ

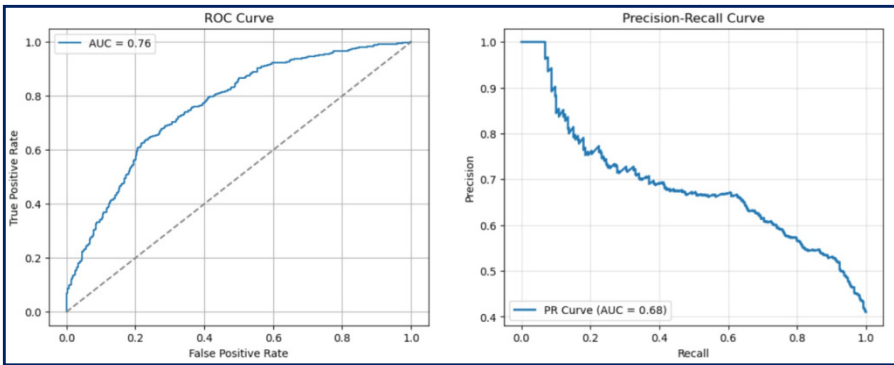
Մետրիկա	Լոգիստիկ ռեգրեսիա առանց նեյրոփոփոխականների	Լոգիստիկ ռեգրեսիա նեյրոփոփոխականներով
Accuracy	0.6428	0.7134
Precision	0.5925	0.6549
Recall	0.4153	0.6376
F1 Score	0.4883	0.6461

Նկար 7-ում պատկերված է ROC և Precision-Recall կորերը առանց նեյրոփոփոխականների մշակված մոդելի համար, իսկ նկար 8-ում՝ նեյրոփոփոխականներով մշակված մոդելի համար: Եթե համեմատենք նկարներում պատկերված կորերը, ապա կարելի է պնդել, որ մոդելավորման ժամանակ նեյրոփոփոխականների ներառումը բերում է նաև ROC AUC և PR AUC գործակիցների աճին 9 %-ով և 11 %-ով համապատասխանաբար:

Որպեսզի վիճակագրորեն գնահատվի նեյրոփոփոխականների ազդեցությունը, մոդելների ստացված որակական ցուցանիշները համադրվել են Ստյուդենտի զույգային t վիճակագրության միջոցով: Այս վիճակագրությունը նպատակ ունեն համեմատել երկու փոխկապակցված ընտրանքները: Այս դեպքում համեմատվել են մշակված երկու մոդելների որակական ցուցանիշները: Թեստը իրականացվել է՝ կիրառելով Python գրադարանի scipy գրադարանը: Արդյունքում T-վիճակագրությունը կազմել է -3.4321, իսկ p-value-ն՝ 0.0415: Հաշվի առնելով, որ p-value արժեքը փոքր է 0.05-ից, ապա կարելի է եզրակացնել, որ նեյրոփոփոխականների ներառումը վիճակագրորեն նշանակալի է:



Նկար 7. Առանց նեյրոփոփոխականների մշակված լոգիստիկ ռեգրեսիայի ROC և PR կորեր



Նկար 8. Նեյրոփոփոխականներով մշակված լոգիստիկ ռեգրեսիայի ROC և PR կորեր

Եզրակացություններ

Մեքենայական ուսուցման արագատեմպ աճը հանգեցրել է նրան, որ ներկայումս այդ տեխնոլոգիան ակտիվ կիրառվում է տարբեր ոլորտներում տարբեր խնդիրների լուծման համար, օրինակ՝ բինար դասակարգման խնդիրների լուծման համար: Սակայն մոդելավորողները հաճախ տվյալների պակասի, կամ գաղտնի օրինաչափություններ նկարագրող փոփոխականների բացակայության պատճառով չեն կարողանում մշակել որակապես լավ և կայուն մեքենայական ուսուցման պարզ և հեշտ նկարագրվող մոդելներ:

Սույն հետազոտության շրջանակում ուսումնասիրվել է նեյրոնային ցանցերի կիրառումը նոր փոփոխականներ՝ նեյրոփոփոխականներ մշակելու համար, որոնք նկարագրում են տվյալներում առկա գաղտնի օրինաչափությունները: Այդ փոփոխականները արդյունավետորեն կարող են կիրառվել մեքենայական ուսուցման տարբեր մոդելներ մշակելու համար: Որպես օրինակ դիտարկվել է լոգիստի ռեգրեսիայի ալգորիթմը: Ուսումնասիրության արդյունքները ցույց են տալիս, որ նեյրոփոփոխականների կիրառումը լոգիստիկ ռեգրեսիայի մոդելավորման ժամանակ հանգեցնում է մոդելի որակական ցուցանիշների բարելավմանը:

Ստացված արդյունքները գործնականում կիրառելի են և ցույց են տալիս, որ նեյրոնային ցանցերը հնարավոր է կիրառել նույնիսկ փոքր քանակի տվյալների առկայության դեպքում, և այդ մոդելի հիման վրա հնարավոր է մշակել նոր փոփոխականներ, որոնք կարող են մասնակցել մեքենայական ուսուցման այլ մոդելների մշակման ժամանակ:

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-8>

Գրականություն

1. BaiYuhan, RELU-Function and Derived Function Review //SHS Web of Conferences, Dali, China, May 13-15, 2022, Volume 144. URL: https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2022/14/shsconf_stehf2022_02006.pdf (last access: 13.04.2025)
2. Dubey, Shiv Ram; Singh, Satish Kumar; Chaudhuri, Bidyut Baran. *Activation Functions* in Deep Learning: A Comprehensive Survey and Benchmark// Neurocomputing, Netherlands, 2022, Volume 503, pp. 92-108.
3. Kingma Diederik P., BaJimmy, Adam: A Method for Stochastic Optimization // Published as a conference paper at the 3rd International Conference for Learning Representations, San Diego, 2015.

Создание новых переменных с помощью глубокого обучения для обучения классических моделей машинного обучения

Аракелян Гарник

Резюме

Ключевые слова: нейронные сети, логистическая регрессия, нейропеременные, скоринговая модель, ROC кривая, PR кривая, качественные показатели

В данной статье рассматривается использование нейронных сетей для генерации новых переменных – так называемых нейропеременных, которые позволяют выявить скрытые зависимости в данных. Эти переменные затем могут быть использованы в классических алгоритмах машинного обучения для повышения их эффективности. В качестве примера рассматривается применение нейропеременных в логистической регрессии. Для оценки влияния нейропеременных были построены две модели логистической регрессии: одна – без дополнительных переменных, другая – с использованием нейропеременных. Для сравнения качества моделей рассчитывались следующие метрики: Accuracy, Precision, Recall, F1 Score, ROC AUC и PR AUC. Кроме того, была проведена t-статистическая проверка различий между моделями. Результаты показали, что добавление нейропеременных значительно улучшает качество модели, делает её более устойчивой и точной. Практическое значение полученных результатов заключается в том, что нейронные сети могут быть использованы даже при ограниченном количестве данных. В таких случаях можно создавать новые переменные, которые могут повысить эффективность других моделей машинного обучения, что дает возможность применения технологий машинного обучения даже в условиях дефицита данных, где традиционные методы могут быть неэффективными.

Creating New Variables Using Deep Learning for Training Classical Machine Learning Models

Arakelyan Garnik

Summary

Key words: *neural networks, logistic regression, neural variables, scoring model, ROC curve, PR curve, qualitative indicators*

This study explores the use of neural networks to generate new variables – referred to as neuro-features – that help reveal hidden relationships in the data. These features can then be used in classical machine learning algorithms to improve their performance. As a case study, the use of neuro-features in logistic regression is examined. To assess the impact of these features, two logistic regression models were built: one without neuro-features and one with them. The following performance metrics were calculated for each model: Accuracy, Precision, Recall, F1 Score, ROC AUC, and PR AUC. A t-test was also conducted to evaluate the statistical significance of the performance difference. The results of the study show that incorporating neuro-variables into existing datasets during model development can significantly improve model performance metrics and contribute to the model's stability. The practical significance of the findings lies in the fact that neural networks can be utilized even with limited data availability. In such cases, new variables can be generated to enhance the effectiveness of other machine learning models. This opens the door for applying machine learning technologies even in data-scarce environments, where traditional methods may be less effective.

Ներկայացվել է 15. 04. 2025 թ.
Գրախոսվել է 28. 04. 2025 թ.
Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025 թ.

The AI-Driven Domino Effect: How Artificial Intelligence Influences Individual Purchase Decisions and Social Reinforcement in Consumer Behavior

**Saakyan Rustam,
Hovhannisyan Frunze**

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-21>

Key words: *Artificial Intelligence in Consumer Behavior, Digital Shopping, Machine Learning, Targeted Advertising, Recommendation Systems, Ethical Marketing, behavioral Influence in E-commerce*

Abstract

Artificial intelligence (AI) has transformed the way consumers interact with products and services. From customized recommendations to personalized marketing, AI has created a new environment in which buying behavior is predicted and shaped. This article investigates the "domino effect" of AI in consumer behavior, or how an individual's AI-influenced purchase can generate broader trends via social reinforcement. We use a mixed-methods approach, using survey data (N=987 people) and focus groups, to investigate the psychological and social mechanisms that transform private consumption choices to viral trends. We analyze apps like TikTok and Instagram, where algorithms convert user preferences into group behaviors, encouraging others to replicate purchases for social recognition. According to the research, 73% of consumers completed at least one AI-influenced purchase in the last six months, with 61% discussing their experience online. The domino effect happens when peers mimic these habits, typically unconsciously. While AI provides personalization and convenience, it also raises ethical problems about autonomy, manipulation, and unrestricted consumption. This article argues for greater openness and ethical standards in AI-powered marketing techniques.

Introduction

The age of Artificial Intelligence (AI) has brought unparalleled customization to marketing. Whether you're browsing through Instagram, surfing Google, or watching videos on YouTube or TikTok, the content you view is handpicked by algorithms that are meant to anticipate and influence your next move—particularly your next purchase. For many customers, this results in what feels like serendipity: you consider purchasing something, and then it arrives in your feed. However, this "coincidence" is not an accident; it is the consequence of AI-driven systems meant to influence your behavior [1].

Furthermore, once you complete the purchase, the effect does not end with you. You may leave a review, share a photo, or casually mention it to friends. Then they research it and decide to purchase it. This is known as the AI-driven domino effect: the phenomena in which AI impacts one user's behavior, which is subsequently replicated and magnified within social circles, particularly in digital communities.

This article seeks to unpack that effect. We investigate the two engines that power it – AI algorithms and social reinforcement – and how they influence current purchasing behaviors. Through real-world case studies, original research, and critical analysis, we hope to give a thorough picture of how consumer autonomy is being redefined in the digital era.

Literature Review

The Evolution of AI in Consumer Environments

Artificial Intelligence has been thoroughly established in consumer society, not as a futuristic technology, but as a major influence dictating daily decisions. AI was originally created to improve customer service and operational efficiency, but it is now central to consumer decision-making, controlling everything from content suggestions to product display [11].

Recommendation engines, such as those behind Amazon's "Customers Also Bought" or Spotify's curated playlists, employ machine learning algorithms to adapt user experiences based on preferences, search histories, and even browsing patterns [9]. What distinguishes these technologies is their predictive capabilities; they influence customer demand rather than just responding to it.

From Algorithms to Influence: How Personalization Drives Behavior

A tailored experience may appear benign or even beneficial. Who doesn't enjoy recommendations that fit their preferences? But this is where things become difficult. Personalization gradually influences behavior by restricting exposure to other options. When you only see what is expected to satisfy you, your options become limited, confirming rather than extending your preferences [2].

This is especially true in social commerce environments. TikTok, for example, has used product suggestions to create viral moments. Consider the now famous "TikTok leggings" a rather unknown brand of leggings that sold out globe after a few renowned producers promoted them. None of this happened by chance. TikTok's algorithm amplified content depending on user interactions, transforming a small product into a global phenomenon [3; 17].

The Domino Effect: When One Choice Becomes Many

The domino effect in consumer behavior is a psychological and sociological phenomena in which one person's actions set off a chain of similar behaviors in others. Algorithms speed up and amplify this process in the digital world. A single purchase posted on Instagram, Pinterest, or Snapchat is algorithmically pushed into feeds, increasing visibility and social approval.

Cialdini's concept of social proof explains this well: individuals turn to others, particularly in unclear situations, to identify right action [6]. If others are purchasing and enjoying it, it must be good, right? AI systems take use of this idea by identifying trends early and spreading them to additional users, resulting in a feedback loop of impact and acceptance [15]. Identity signaling theories also support this tendency, according to which consumers follow or reject trends to reflect their uniqueness or sense of belonging in addition to using them for practical purposes [4].

Marketers can leverage this domino effect by using AI-driven advertising strategies. According to Kietzmann, Paschen, and Treen [14], artificial intelligence has transformed advertising by allowing for targeted, personalized messaging that not only captures individual attention but also amplifies the ripple effect within social networks. These AI systems can help advertisers predict and create trends, encouraging consumers to adopt behaviors and purchases based on the influence of peers or influencers within their networks.

Digital Nudges and Psychological Design

Digital nudges are small design changes intended to steer user behavior – are frequently imperceptible but extremely powerful. Consider the way "limited stock" alerts and countdown timers show next to products on e-commerce websites. These are not merely design features; they are behaviorally crafted triggers based on psychological findings.

These nudges can also be personalized using AI. A user who is prone to impulsive purchases may receive urgency-based messages, but another may earn tailored discounts for departing a basket. According to research, such nudges, when driven by AI and behavioral data, may raise conversion rates by more than 40% [19].

Kaplan and Haenlein explore how AI technologies, such as virtual assistants, can serve as digital nudges by personalizing interactions to suit the user's habits, preferences, and emotional states. They argue that such AI systems can subtly guide individuals' decisions, further enhancing the effectiveness of behavioral nudges by making them feel more intuitive and tailored. In this sense, AI becomes not just a tool for recommending products but also for creating a seamless, persuasive environment that encourages specific purchasing actions [13].

Social Reinforcement and Virality

Once AI has affected an individual's decision, the social dynamics of digital platforms take precedence. People share their purchases, evaluate them, post unboxing videos, and demonstrate them in use. This serves as both an endorsement and advertising. Platforms then promote such material, especially if it generates early interaction. Chen, Wang, and Xie demonstrate that both direct word-of-mouth and passive online behavior monitoring have a considerable impact on customer decision-making, frequently enhancing the impact of first purchases [7].

The social feedback loop is effective. According to a Deloitte survey from 2022, 64% of Gen Z customers are more inclined to purchase something if they see their peers utilizing it on social media. This is particularly true for fashion, technology, and wellness items [10]. Here, AI isn't only generating early interaction; it's also curating the social evidence that helps that engagement spread.

Ethical Concerns: Convenience or Manipulation?

There is a delicate line between customization and manipulation. On the surface, AI-enhanced shopping looks to be beneficial—more relevance, better service, and time savings. However, when users' autonomy erodes, ethical concerns arise.

Critics claim that the distinction between nudging and coercion is becoming

blurred. Are customers actually deciding, or are they being gently guided? In 2023, the Norwegian Consumer Council released a paper detailing how AI algorithms duped people into providing personal information and making purchases they subsequently regretted [18].

On the other hand, proponents of AI in business believe that customers have ultimate power and that customization is a net gain. "We live in an attention economy," argues Katina Michael, a digital ethicist. "Consumers appreciate relevance but there must be transparency and the ability to opt out" [16].

Existing Research Gaps

While many studies focus on AI's involvement in affecting buying behavior, few investigate the larger societal implications—the domino effect we're concentrating on. What happens after the initial AI-driven purchase? How does this habit spread over networks and communities? This is the primary gap our research fills.

By integrating consumer surveys and social media monitoring, we want to identify the collective, community-wide implications of AI. We think that comprehending this second-order effect is critical for developing ethical and socially responsible AI systems.

Research Methodology

To research the AI-driven domino effect on consumer behavior, this study used a mixed-methods approach that combined quantitative data collecting with qualitative insights. The goal was to examine not just how AI impacts individual purchase decisions, but also how such decisions are socially reinforced, transforming isolated actions into trends.

Research Design

The study was conducted in two integrated phases to provide both quantitative breadth and qualitative depth. First, we circulated an online poll across a variety of platforms, including email lists, Reddit forums, LinkedIn groups, and Instagram stories. We focused on individuals aged 18 to 45 since they are more likely to interact with AI-powered recommendation engines and demonstrate social reinforcement tendencies in digital contexts. Following the survey, we conducted 18 semi-structured interviews with chosen respondents to investigate the emotional and cognitive processes that underpin AI-influenced purchasing behavior. These interviews provided more information about how customers understand algorithmic cues and how social media interactions (such as likes, shares, and peer validation) influence their post-purchase reflections. Together, these phases provided a holistic view of how AI and social influence combine to shape modern consumer behavior.

Sampling and Participants

The online poll had a total of 1,057 respondents. We reviewed 987 valid responses after filtering them for completeness and quality (for example, deleting responses that were inconsistent).

Demographics

The survey participants ranged in age from 18 to 45 years, with a gender distribution of 52% female, 46% male, and 2% identifying as non-binary or preferring

not to disclose their gender. Geographically, the majority of respondents were based in Europe (62%), followed by the United Kingdom (14%), Armenia (11%), Canada (7%), and other regions accounting for the remaining 6%.

Participants were asked to self-report their digital habits, recent purchases, use of AI-enabled platforms (such as Amazon, TikTok, and Spotify), and how frequently their decisions were impacted by algorithms or peer behavior online.

We picked a broad sample of interviewees based on age, gender, career, and amount of digital participation. These 18 individuals took part in Zoom interviews lasting 30-45 minutes, which were recorded, transcribed, and coded for thematic analysis.

Tools and Techniques

For the quantitative portion of our study, we utilized Google Forms to distribute the survey. Data cleaning and descriptive statistical analysis were conducted using Microsoft Excel and SPSS. To explore potential associations between AI usage and unplanned purchase behavior, Chi-square tests were applied.

In the qualitative phase, NVivo software was used to code and analyze the interview transcripts. Thematic analysis was conducted following the framework developed by [5], allowing us to identify recurring patterns, behaviors, and emotional responses related to AI-driven consumer decisions.

We also examined AI-related user behavior on social media via public Instagram and TikTok posts. Hashtags such as #TikTokMadeMeBuyIt, #AmazonFinds, and #FYP were monitored to discover postings in which AI algorithms affected customer behavior and prompted social reinforcement.

Research Ethics

Prior to participating in the survey or interviews, all participants provided informed consent. We maintained anonymity during both rounds of the research and followed GDPR and institutional ethics norms. Participants might withdraw at any moment and were told of the study's aim prior to participation.

Limitations

As with any self-reported data, there is always the possibility of recall bias or social desirability bias—particularly when participants are asked to consider whether an AI system "influenced" them. Some individuals may underestimate or exaggerate the importance of algorithms in their decisions. However, triangulating survey results with social media trend analysis and interview data helped to overcome this constraint.

Findings, Analysis & Discussion

Overview

As artificial intelligence develops, its influence on consumer behavior becomes more complex. Throughout this study, we investigated how AI-driven suggestions, targeted marketing, and behavioral nudges impact not just individual purchase decisions but also how they propagate over social networks. According to the findings, the consumer environment is now formed not just by human choice or traditional advertising, but also by a domino effect powered by machine learning algorithms and

social reinforcement. This part analyzes the obtained data, investigates how and why customers are impacted, and discovers the cascading nature of AI's reach.

Key Findings

AI-Powered Recommendations First Contact

One of the most intriguing findings from the study was that 71% of respondents acknowledged clicking on AI-generated product suggestions, such as those offered by e-commerce recommendation engines. Even more remarkable, 58% of individuals who followed these instructions made unanticipated purchases. This demonstrates a significant shift in consumer perception: AI-generated recommendations are no longer viewed as background noise or digital clutter. Instead, many users see them as extremely relevant, trustworthy hints that are frequently more tailored and valuable than standard search approaches. In other situations, they are even favored, demonstrating AI's rising impact in quietly directing purchase behavior.

The Function of Social Proof and Reinforcement.

Beyond individual engagement with AI-powered suggestions, the data indicated a significant layer of social amplification. Among those who made purchases based on AI recommendations, 62% shared their experiences on platforms like Instagram, TikTok, Facebook, and Reddit. Of those, 74% received reactions—likes, comments, or messages—and 44% said that friends or followers asked them directly about the product. This demonstrates how one person's decision may become a larger trend thanks to social media. This is corroborated by research by Choi and Sung [8], which demonstrates that individuals are more inclined to believe and react to social media marketing when they compare themselves to others online. In other words, people frequently feel compelled to purchase or enjoy something after witnessing others do so.

Even more interesting, 36% reported that friends, followers, or peers purchased the identical goods after seeing their post. This demonstrates a clear pattern: AI may begin the purchase, but social media converts that private decision into a public, viral habit. What starts as a data-driven proposal becomes digitally authorized and quickly shared—essentially, a modern version of word-of-mouth boosted by algorithms.

One participant summed it up perfectly: "I purchased a mini projector after seeing it on TikTok." I posted it on my account, and two of my friends purchased the identical item within a week." In this case, AI starts the fire, but social acceptance transforms it into a wildfire. The advice does not stop with one person; it travels, multiplies, and reinforces itself through the networks we use every day.

Behavioral Triggers & Digital Nudges

Rather than just recommending products, AI systems are increasingly using behavioral nudges based on behavioral economics to influence customer purchases. These nudges include strategies like countdown timers with "Only 2 left!" messages, price comparison pop-ups, limited-time tailored specials, and "Frequently bought together" package suggestions. During our qualitative interviews (n = 18), 18 individuals admitted that AI-driven nudges had a direct impact on their purchase behavior. Many people reported feeling rushed and fearful of missing out (FOMO), which frequently led

to hasty purchases and, in some cases, purchase remorse. One member stated, "Amazon provided a 30% discount for purchasing three things together. I originally wanted one thing, but I ended up purchasing three." This highlights how even subtle nudges, when combined with algorithmic personalization, can create a powerful compulsion to buy—even when the initial intent was minimal.

The TikTok Effect: A Real-World Domino

TikTok is a particularly vivid example of the AI-powered domino effect in consumer behavior. Unlike traditional advertising, viral product success on TikTok is typically driven by algorithmic surfacing and quick peer-to-peer sharing. A notable example is the "Stanley Cup" craze in 2023, in which a seemingly regular water bottle unexpectedly became a global best-seller. The product gained popularity as influencers and regular users commented about it, prompting TikTok's AI to push it further based on high engagement metrics such as likes, comments, and watch time. The end result was extraordinary: the product sold out in numerous countries, entire online communities arose around it (e.g., "Hydro girls" and "Stanley Cup moms"), and the linked hashtags had over 500 million views in only one month. This scenario highlights the AI-powered domino effect, which begins with individual exposure and progresses to viral amplification and, eventually, mainstream cultural adoption.

Purchase Regret and Consumer Reflection

Interestingly, 33% of respondents said they regretted at least one purchase influenced by AI-driven suggestions. This discovery raises serious ethical concerns regarding the persuasive potential of AI in changing consumer behavior. Several individuals reported feeling gently misled into making emotional purchases based on mood-targeted material, such as advertising that appeared after a breakup or during a difficult period. Some acknowledged purchasing items they didn't need merely because the AI caught them at a vulnerable moment. Some even uninstalled shopping applications to prevent reckless purchasing. This increased self-awareness among customers reveals a deeper ambivalence: although AI-enhanced platforms provide convenience and personalization, they also blur the distinction between helpful suggestion and intentional exploitation.

Age and Gender Patterns

Age and gender trends indicated intriguing disparities in vulnerability to AI impact. Younger respondents, particularly those aged 18 to 34, were substantially more sensitive to AI-generated recommendations, with 81% saying that such ideas affected their purchasing decisions. Furthermore, 70% of them went on to publicize their purchases on social media sites, demonstrating a substantial correlation between AI-driven decisions and social reinforcement among younger generations. In contrast, older individuals aged 45 and above were more skeptical of AI recommendations, with just 39% acting on them and less than 20% openly disclosing their purchases online. Gender disparities were also discovered: female respondents were 1.4 times more likely than males to seek social validation—such as likes, comments, or feedback from peers—to

explain their purchase decisions, emphasizing the social aspect of AI-driven consumer behavior.

The Emotional Component

Despite its scientific underpinnings, artificial intelligence has a profoundly emotional effect on customers. More than just making recommendations, modern algorithms react and change in response to users' emotional states and online activity. By examining variables like browser history, scrolling patterns, emotional indicators from search queries, and environmental aspects like time of day or season, these algorithms provide a highly customized feedback loop. Emotional attachment can therefore influence decisions to buy just as much as reason or practicality. In addition to making purchases, many customers are looking for identification, approval, and a sense of social status. According to a Freedom to Ascend [12] analysis, purchasing behavior is strongly influenced by one's sense of self-worth and perceived status, particularly in online settings where likes, shares, and comments are used to convey acceptance from others. This expanding trend demonstrates how emotional impulses are reflected and influenced by artificial intelligence technologies more and more throughout the customer journey.

Conclusion

This study demonstrates a definite domino effect in consumer behavior, with AI-powered suggestions leading to individual purchases that are then reinforced via social media and peer influence. This influence, driven by machine learning algorithms, is transforming consumer behaviors, creating possibilities and difficulties for firms, policymakers, and consumers alike. It also poses significant ethical issues about marketing techniques, consumer autonomy, and responsible AI creation.

Leveraging the Domino Effect for Companies

Businesses may leverage the domino effect by fine-tuning their AI-powered recommendation systems to encourage pleasant user experiences. According to the report, many customers view AI-generated ideas as very relevant and trustworthy. Companies may use this by tailoring product suggestions, increasing consumer happiness, and promoting brand loyalty. When AI-powered ideas result in social sharing, businesses may encourage consumers to spread the news by providing incentives like discounts or exclusive deals. This might set off a loop in which individual purchases are shared, transforming isolated decisions into viral trends.

Ethical Considerations for Policymakers

While businesses can profit from AI-powered marketing, the ethical considerations raised in this study must not be overlooked. Issues like purchase remorse and emotional manipulation show that AI-powered marketing may readily devolve into abuse. Policymakers must implement legislation to guarantee that AI marketing methods do not exploit customers' emotional weaknesses. Transparency regulations, which oblige corporations to reveal how artificial intelligence impacts consumer behavior, might help safeguard customers from being deceived or pressured into making hasty purchases. Furthermore, AI systems should avoid targeting customers at sensitive times in their life, such as after a personal loss or financial hardship.

Ethical AI Design and Consumer Responsibility

For AI to have a beneficial impact on customer behavior, organizations must emphasize ethical design. This involves providing customers more control over their data and allowing them to make educated choices about which suggestions they get. Artificial intelligence systems should be transparent, telling people how their data is used and judgments are made. This would reduce misleading marketing and allow people to make more informed decisions.

At the same time, customers should accept responsibility by becoming more conscious of the impact AI has on their purchasing decisions. Public awareness efforts and digital literacy initiatives can help customers recognize when they are being impacted by AI, promoting more conscious purchase. This would help fight the impulse-buying behaviors caused by algorithmic nudges and peer influence.

Call for Transparency and Responsible Marketing.

The AI-driven domino effect is transforming current consumer behavior. While viral marketing creates opportunity for firms, it also poses serious ethical problems. To guarantee that AI is utilized ethically, corporations, policymakers, and consumers must collaborate. By increasing transparency in AI systems, enforcing ethical marketing principles, and improving consumer awareness, we can guarantee that AI continues to serve customers favorably while respecting autonomy and ethical standards. This balanced approach will allow AI to improve customer experiences while also preserving their rights and well-being.

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-21>

Bibliography

1. Arora, N., Dreze, X., Ghose, A., Hess, J. D., Iyengar, R., Jing, B., ... & Shankar, V. (2008). Putting one-to-one marketing to work: Personalization, customization, and choice. *Marketing Letters*, 19(3), pp. 305-321.
2. Bakshy, E., Messing, S., & Adamic, L. A. (2015). Exposure to ideologically diverse news and opinion on Facebook. *Science*, 348(6239), pp. 1130–1132.
3. Business Insider. (2021, January). *Aerie's TikTok success: How the leggings brand sold out in record time*. <https://www.businessinsider.com/aerie-using-tiktok-to-sellout-leggings-boost-online-sales-2021-1> (Retrieved 24.10.24).
4. Berger, J., & Heath, C. (2007). Where consumers diverge from others: Identity signaling and product domains. *Journal of Consumer Research*, 34(2), pp. 121-134.
5. Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), pp. 77-101.
6. Cialdini, R. B. (2007). *Influence: The psychology of persuasion*. Harper Business.
7. Chen, Y., Wang, Q., & Xie, J. (2011). Online social interactions: A natural experiment on word of mouth versus observational learning. *Journal of Marketing Research*, 48(2), pp. 238-254.

8. Choi, D., & Sung, Y. (2018). Instagram users' social comparison orientation: Its impact on perceived social media marketing effectiveness. *Computers in Human Behavior*, 81, pp. 1-8.
9. Cloutrack. (2023). *Major factors influencing consumer behavior*. <https://www.cloutrack.com> (Retrieved 10.01.25).
10. Deloitte Insights. (2023). *AI and the consumer: The personalization paradox*. <https://www2.deloitte.com> (Retrieved 13.11.24).
11. Eslami, M., Rickman, A., Vaccaro, K., Azenkot, S., & Sandvig, C. (2017). "I always assumed that I wasn't really that close to [her]": Reasoning about invisible algorithms in news feeds. *Proceedings of the 2015 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 153-162.
12. Freedom to Ascend. (2023). *Social status and self-esteem: Its influence on buying decisions*. <https://www.freedomtoascend.com> (Retrieved 05.01.25).
13. Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(1), pp. 15-25.
14. Kietzmann, J., Paschen, J., & Treen, E. (2018). Artificial intelligence in advertising: How marketers can leverage AI. *Journal of Advertising Research*, 58(3), pp. 263-267.
15. Madsbjerg, C. (2017). *Sensemaking: The power of the humanities in the age of the algorithm*. Harvard Business Review Press.
16. Michael, K. (2021). *The currency of the attentional economy: The uses and abuses of attention in our world*. IEEE Technology and Society Magazine. <https://technologyandsociety.org> (Retrieved 12.01.25).
17. Misra, S., Dubey, R., & Sharma, S. (2020). Impact of artificial intelligence on consumer behavior: A study on digital persuasion. *Journal of Business Research*, 118, pp. 357-368.
18. NCC. (2023). *Ghost in the machine – Addressing the consumer harms of generative AI*. Norwegian Consumer Council. <https://storage02.forbrukerradet.no/media/2023/06/generative-ai-rapport-2023.pdf> (Retrieved 14.11.24).
19. Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.

**Արհեստական բանականության կողմից ուղղորդվող «դոմինոյի էֆեկտը».
ինչպես է արհեստական բանականությունը ազդում
անհատական գնման որոշումների և սպառողական վարքագծում
սոցիալական խթանման վրա**

*Սահակյան Ռուստամ,
Հովհաննիսյան Ֆրունզե*

Ամփոփում

***Հանգուցային բառեր.** արհեստական բանականությունը սպառողական վարքագծում, թվային գնումներ, ինքնուս համակարգեր, թիրախավորված գովազդ, ուղղորդումների համակարգեր, էթիկական մարքեթինգ, վարքագծի փոփոխությունը էլեկտրոնային առևտրում*

Արհեստական բանականությունն այսօր նշանակալի ազդեցություն ունի մարդկանց ամենօրյա գնումների վարքագծի վրա: Հոդվածը ուսումնասիրում է, թե ինչպես է արհեստական բանականությունը (ԱԲ) ազդում սպառողների գնման որոշումների վրա, հատկապես թվային խթանների և սոցիալական ազդեցությունների միջոցով: ԱԲ համակարգերը գնալով ավելի են ինտեգրվում առցանց գնումների հարթակներում, սոցիալական մեդիայի և առևտրային հավելվածներում, որտեղ դրանք կանխատեսում և ձևավորում են սպառողի վարքագիծը՝ առաջարկելով անհատականացված ապրանքներ ու ծառայություններ: Այս հետազոտությունը պարզաբանում է, որ ԱԲ-ի կողմից արված առաջարկությունները ոչ միայն ուղղորդում են անհատի գնումները, այլև առաջացնում են «դոմինոյի էֆեկտ» երբ մեկ օգտատիրոջ գնումը դառնում է հանրային տենդենց՝ տարածվելով սոցիալական հարթակներում: TikTok-ի և Instagram-ի պես հարթակներում օգտատերերը կիսվում են իրենց նոր գնումներով, իսկ ալգորիթմները նպաստում են դրանց լայն տարածմանը՝ անձնական նախընտրությունը վերածելով թրենդի: Հետազոտությունն ընդգրկում է հարցում, որը վերլուծում է սպառողների արձագանքները ԱԲ-ի ազդեցության տակ՝ բացահայտելով սոցիալական մեխանիզմները, որոնք ուղղորդում են որոշումների կայացման գործընթացը: Սոցիալական մեդիաները դարձնում են այդ ներգրավվածությունը ավելի ազդեցիկ և դիտելի՝ այսպիսով ձևավորելով լայն վարքագծային փոփոխություններ: Այնուամենայնիվ, այս մեթոդները կարող են ունենալ նաև բացասական հետևանքներ: Հարցման մասնակիցների մոտ մեկ երրորդը նշել է, որ ավստում են իրենց կատարած գնումները, քանի որ դրանք եղել են իմպուլսիվ: Այս հետազոտության արդյունքները հարցեր են առաջացնում՝ արդյոք այսպիսի գնումները ազատ կամքի դրսևորում են, թե ԱԲ-ի կողմից ուղղորդված ազդեցության հետևանք: Այս դոմինոյի էֆեկտը, որն սկսվում է մեկ պարզ գնումից և աճում սոցիալական ցանցերի միջոցով, առաջացնում է ոչ միայն նոր ու արդյունավետ մարքեթինգային հնարավորություններ, այլ նաև մի շարք էթիկական հարցեր, որոնք վերաբերում են սպառողների իրավունքներին և անձնական տվյալների պաշտպանության պահանջներին:

Эффект домино, обусловленный ИИ: как искусственный интеллект влияет на индивидуальные покупательские решения и социальное поощрение в потребительском поведении

Саакян Рустам,
Оганисян Фрунзе

Резюме

Ключевые слова: искусственный интеллект в потребительском поведении, цифровые покупки, машинное обучение, таргетированная реклама, системы рекомендаций, этический маркетинг, поведенческое воздействие в электронной коммерции

Статья исследует, как искусственный интеллект (ИИ) влияет на решения потребителей о покупке, особенно через цифровые стимулы и социальное воздействие. Системы ИИ всё больше интегрируются в онлайн-платформы для покупок, социальные медиа и торговые приложения, где они прогнозируют и формируют поведение потребителей, предлагая персонализированные товары и услуги. Данное исследование показывает, что рекомендации, сделанные ИИ, не только направляют индивидуальные покупки, но и создают «эффект домино», когда покупка одного пользователя становится общественным трендом, распространяясь в социальных сетях. На таких платформах, как TikTok и Instagram, пользователи делятся своими новыми покупками, а алгоритмы способствуют широкому распространению этих покупок, превращая личные предпочтения в тренды. Исследование включает опрос, который анализирует реакции потребителей под влиянием ИИ, выявляя социальные механизмы, направляющие процесс принятия решений. Тем не менее, эти методы могут иметь и негативные последствия. Около трети участников опроса признались, что сожалеют о своих покупках, так как они были импульсивными. Результаты данного исследования поднимают вопросы о том, являются ли такие покупки выражением свободной воли или следствием направленного воздействия ИИ. Эффект домино, начинающийся с одной простой покупки и распространяющийся через социальные сети, порождает не только новые и эффективные маркетинговые возможности, но и ряд этических вопросов, касающихся прав потребителей и требований по защите персональных данных.

Ներկայացվել է 13. 04. 2025 թ.

Գրախոսվել է 23. 04. 2025 թ.

Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025 թ.

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

МАТЕМАТИКА

MATHEMATICS

Հիպերկոմպլեքս թվեր

Ջաքարյան Մանվել,
Ճաղարյան Մարիետա

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-34>

Հանգուցային բառեր. կոմպլեքս թվեր, եռանցումներ, քվատերնիոններ, ընդհանրացված կոմպլեքս թվերի բազմապատկում, տոր, ալգորիթմ

Նախաբան

Հանրահաշվում իրական թվերին գուգահեռ դիտարկվում է թվերի ավելի լայն դաս, որը կոչվում է կոմպլեքս թվերի դաս [2]:

$z = a + ib$ տեսքի թվին անվանում են կոմպլեքս թիվ: Այստեղ $a, b \in \mathbb{R}$ և i -ն կեղծ միավորն է, որի համար $i^2 = -1$ կամ $i = \sqrt{-1}$: a -ին անվանում են z կոմպլեքս թվի իրական մաս և նշանակում են Re -ով՝ $a = \operatorname{Re} z$, իսկ b -ին՝ կեղծ մաս և նշանակում են $b = \operatorname{Im} z$: Այսինքն՝ ցանկացած կոմպլեքս թիվ կարելի է գրել $z = \operatorname{Re} z + i \operatorname{Im} z$ տեսքով: Հանրահաշվից վերիիշենք մի քանի սահմանումներ:

Սահմանում 1. 1. Չբազմությունն իր մեջ սահմանված գումար և արտադրյալ գործողությունների հետ մեկտեղ կոչվում է օղակ:

Սահմանում 1. 2. $Q(+, *)$ օղակը կոչվում է դաշտ, եթե $Q \setminus \{0\}$ բազմությունը կազմում է աբելյան խումբ արտադրյալ գործողության նկատմամբ (այսինքն՝ $A * x = B$ և $x * A = B$ հավասարումներից յուրաքանչյուրն օժտված է միարժեք լուծումով):

Կոմպլեքս թվերի բազմությունը կազմում է դաշտ: Նրան անվանում են կոմպլեքս թվերի դաշտ:

Հատկություն 1. 3. Կոմպլեքս թվերի դաշտը լրիվ է և հանրահաշվորեն փակ (լրիվ է, քանի որ յուրաքանչյուր $\{z_n\}_{n=1}^{\infty} \in C$ Կոշիի հաջորդականությունն այստեղ գուգամետ է, հանրահաշվորեն փակ է, նշանակում է յուրաքանչյուր n -րդ աստիճանի հանրահաշվական բազմանդամ՝ $P_1(z) = a_0 + a_1 z + \dots + a_n z^n$ ($a_n \neq 0$) ունի n -հատ արմատներ՝ հաշված իրենց պատիկությամբ):

2. Այլ տեսակի բազմապատկում կոմպլեքս թվերի դաշտի վրա

Դիցուք տրված են երկու կոմպլեքս թվեր՝ $z_1 = a + ib$ և $z_2 = c + id$:

$$z_1 + z_2 = (a + c) + (b + d)i \quad (2.1)$$

$$z_1 * z_2 = (ac - bd) + (ad + bc)i \quad (2.2)$$

Կոմպլեքս թվերի գումարը (2.1) սահմանված է բնական ձևով, իսկ այդ թվերի արտադրյալի (2.2) համար հնարավոր երեք ձևերից ընտրված է մեկ տարբերակ:

Բանն այն է, որ երկու կոմպլեքս թվեր բազմապատկելիս արդյունքում պետք է ունենանք ևս կոմպլեքս թիվ՝

$$z_1 * z_2 = (a + ib)(c + id) = ac + ad*i + bc*I + bd*i^2:$$

Այստեղ ընդունելով $i^2 = -1$, վերադառնում ենք կոմպլեքս թվերի բազմապատկման: Անհրաժեշտ է, որ $i*i = -1$ և պատկանա դիտարկվող թվային համակարգին, այսինքն՝ ունենա $p + qi$ տեսքը՝ $i^2 = i*i = p + qi$:

Սահմանելով p -ն և q -ն, վերջնական տեսքով մենք կստանանք այդ թվերի բազմապատկումը.

$$(a+ib)(c+id)=ac+ad*i+bc*i+bd*i^2=ac+ad*i+bc*i+bd(p+qi)=(ac+bdp)+(ad+bc+bdq)*i \quad (2.3)$$

i^2 -ու հնարավոր դեպքերը ստացվում են $i^2=p+q$ իավասարությունից:

$$i^2-qi=p \text{ կամ } (i - \frac{q}{2})^2 = p + \frac{q^2}{4}: \quad (2.4)$$

Այստեղ հնարավոր են երեք դեպքեր.

I դեպքը. երբ $(p + \frac{q^2}{4}) \dots$ բացասական թիվ է՝ $p + \frac{q^2}{4} = -k^2$, k -ն զրոյից տարբեր որևէ իրական թիվ է:

Այդ դեպքում

$$(i - \frac{q}{2})^2 = -k^2 \Rightarrow (\frac{1}{k}i - \frac{q}{2k})^2 = -1: \quad (2.5)$$

(2.5)-ի ձախ մասում կանգնած փակագծերի ներսի արտահայտությունը՝ $(\frac{1}{k}i - \frac{q}{2k})$ -ն նշանակելով J -ով, կունենանք $J^2=-1$

Այդ դեպքում ցանկացած $a+ib$ կոմպլեքս թիվ կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝ $a + ib = a + b(\frac{q}{2} + kJ) = (a + \frac{b}{2}q) + bkJ$:

Կամ այլ կերպ ասած $a+ib$ կոմպլեքս թիվը կարելի է ներկայացնել $a'+b'J$ տեսքով, որտեղ $J^2 = -1$:

Այսինքն՝ մենք փաստացի գործ ունենք կոմպլեքս թվերի հետ:

II դեպքը. երբ $p + \frac{q^2}{4}$ թիվը դրական թիվ է, այսինքն՝ $p + \frac{q^2}{4} = k^2$, ($k \neq 0$): Այդ դեպքում

$$(\frac{1}{k}i - \frac{q}{2k})^2 = 1:$$

Եթե հավասարության ձախ մասի փակագծերի ներսի արտահայտությունը նշանակենք E -ով, կունենանք՝ $E^2=1$: Այս դեպքում ցանկացած $a+ib$ կոմպլեքս թիվը կարելի է ներկայացնել $a'+b'E$ տեսքով ($a + ib = a + b(\frac{q}{2} + kE) = (a + \frac{b}{2}q) + b k E$), որտեղ $E^2=1$, և այդ համակարգի թվերի բազմապատկումը կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝

$$(a' + b'E)(c' + d'E) = (a'c' + b'd') + (a'd' + b'c')E:$$

III դեպքը. երբ $p + \frac{q^2}{4} = 0$: Այդ դեպքում նշանակելով $i = i - \frac{q}{2}$ կունենանք $i^2=0$: Դիտարկվող համակարգի ցանկացած $a+ib$ տեսքի թիվ կարելի է ներկայացնել $a'+b'i$ տեսքով և այդ թվերի բազմապատկումը կներկայացվի հետևյալ տեսքով՝

$$(a' + b'i)(c' + d'i) = a'c' + (a'd' + b'c')i:$$

Այսպիսով, $a+ib$ տեսքի ցանկացած թիվ կարելի է բերել հետևյալ երեք տեսքերից մեկին.

1) Կոմպլեքս թվերի՝ $a+bJ$, $J^2 = -1$,

2) Կրկնակի թվերի՝ $a+bE$, $E^2 = 1$,

3) Երկակի թվերի՝ $a+b$, $i^2=0$:

Կրկնակի և երկակի թվերն ավելի քիչ հետաքրքիր են, քանի որ այդ տեսքի

թվերի բազմության վրա չենք կարողանում սահմանել բաժանում (օրինակ, եթե $z_1 = 1 + 0^*E$ բաժանենք $z_2 = 1 + E$, այսինքն գտնենք մի x թիվ այնպես, որ $(1 + E)^*x = 1 + 0^*E$ հավասարումն ունենա լուծում, չենք կարող, քանի որ $(1 - E^2)^*x = 1 - E$ կհետևի, որ $0 = 1 - E$: Կամ, եթե $z_1 = 1 + 0^*$ բաժանենք $z_2 = 0 + 1^*$, այսինքն՝ փորձենք լուծել $x^* = 1$ հավասարումը՝ $x = a + b^*$ դեպքում կունենանք $x^* = a^*1$:

3. Քվատերնիոններ (քառանդամներ)

Կոմպլեքս, կրկնակի և երկակի թվերի ներմուծումը ծնում է նոր միտք՝ շարունակել նմանատիպ թվերի ներմուծումն ու ուսումնասիրությունը:

Հաջորդիվ դիտարկում ենք $z = a + bi + cj$ տեսքի թվերը, որտեղ a, b, c -ն իրական թվեր են, իսկ i -ն և j -ն որոշ սիմվոլներ են [1]:

Այս տիպի թվային համակարգում գումարումը սահմանվում է բնական ձևով.
 $(a + bi + cj) + (a' + bi' + c'j) = (a + a') + (b + b')i + (c + c')j$:

Արտադրյալը պետք է սահմանել այնպես, որ պահպանվեն թվերի արտադրյալի տեղափոխական $z_1^*z_2 = z_2^*z_1$, գուգորդական՝ $(z_1^*z_2)^*z_3 = z_1^*(z_2^*z_3)$, բաշխական $z_1^*(z_2 + z_3) = z_1^*z_2 + z_1^*z_3$ կանոնները:

Նմանատիպ արտադրյալի սահմանում հնարավոր է, եթե այն սահմանվի հետևյալ կերպ՝

$$(a + bi + cj)(a' + b'i + c'j) = aa' + (ab' + ba')i + (ac' + ca')j:$$

Սակայն այդ դեպքում այդ թվային համակարգում բացակայում է բաժանումը: Օրինակ, $z_1 = 1$ -ը չի բաժանվի $z_2 = i$ -ի:

Պարզվում է, որ այդ թվային համակարգում ուղղակի չկա թվերի բաժանելիություն:

Սակայն երբ այդ եռանդամը դարձնենք քառանդամ՝ ավելացնելով ևս մեկ սիմվոլ k^* $z = a + bi + cj + dk$, ապա այս այսպես կոչված քառանդամների (քվատերնիոնների) թվային համակարգում կարելի է ստանալ բաժանելիություն:

Այս քառանդամների թվային համակարգում գումարը սահմանենք վերևում սահմանված գումարին համապատասխան՝

$$(a + bi + cj + dk) + (a' + b'I + c'j + d'k) = (a + a') + (b + b')I + (c + c')j + (d + d')k,$$

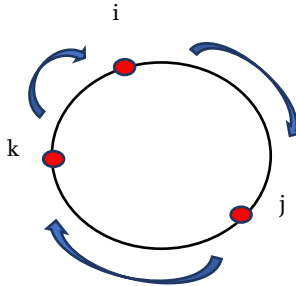
իսկ արտադրյալ սահմանելու համար մեզ անհրաժեշտ է i, j, k սիմվոլներից յուրաքանչյուր գույգի արտադրյալի արդյունքը: Այն կարելի է տալ հետևյալ աղյուսակի միջոցով.

Աղյուսակ 1.

i, j, k սիմվոլների գույգերի արտադրյալների արդյունքները

	i	j	k
i	-1	k	-j
j	-k	-1	i
k	j	-i	-1

Այստեղ $i^2=j^2=k^2=-1$, իսկ մնացած զույգ առ զույգ արտադրյալների արդյունքները պատկերավոր ներկայացնելու համար կարելի է օգտվել հետևյալ շրջանաձև դիագրամից (նկար 1).



Նկար 1. i, j, k սիմվոլների զույգերի արտադրյալների ստացման շրջանաձև դիագրամը

Յուրաքանչյուր երկու սիմվոլների արտադրյալը տալիս է երրորդ սիմվոլը, եթե շարժվում ենք ժամսլաքի ուղղությամբ և այդ ուղղությունն ամենակարճն է, և այն տալիս է երրորդ սիմվոլը մինուս նշանով, եթե շարժվում ենք ժամսլաքի հակառակ ուղղությամբ, և այդ ուղղությունն ամենակարճն է:

Այդ դեպքում հեշտությամբ կարող ենք բազմապատկել երկու «քառաստող»-եր իրար հետ.

$$\begin{aligned} p &= a + bi + cj + dk, \quad p' = a' + b'i + c'j + d'k, \\ p * p' &= (aa' - bb' - cc' - dd') + (ab' + ba' + cd' - dc') * i + \\ &\quad + (ac' + ca' + db' - bd') * j + (ad' + da' + bc' - cb') * k: \end{aligned} \quad (3.1)$$

(3. 1) բանաձևով սահմանված արտադրյալը բավարարում է արտադրյալի զուգորդական օրենքին՝ $(p_1 p_2) p_3 = p_1 (p_2 p_3)$, սակայն այդ արտադրյալը տեղափոխական չէ:

Բայց այս թվային համակարգում կա բաժանելիություն, ուղղակի պետք է տարբերակել աջ և ձախ քանորդները. $p_1 = p_2 x_{\text{ա}}$ և $p_1 = x_{\text{ձ}} p_2$:

Այս հավասարումներից հեշտությամբ կգտնվի.

$$\begin{cases} x_{\text{ա}} = \frac{1}{|P_2|^2} \bar{P}_2 P_1 \\ x_{\text{ձ}} = \frac{1}{|P_2|^2} P_1 \bar{P}_2 \end{cases} \quad (3.2)$$

որտեղ $p = a + bi + cj + dk$ -ի համալուծը՝ $\bar{p} = a - bi - cj - dk$ և $|p|^2 = p * \bar{p} = a^2 + b^2 + c^2 + d^2$:

Կամ քառանդամի մոդուլը՝ $|p| = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2}$ (կոմպլեքս թվերի նման):

4. Հիպերկոմպլեքս թվեր

Այժմ ընդհանրացնենք վերը ուսումնասիրած թվային համակարգերը: Ֆիքսենք որևէ n բնական թիվ և դիտարկենք հետևյալ արտահայտությունը.

$$a_0 + a_1 i_1 + a_2 i_2 + \dots + a_n i_n,$$

որտեղ $a_0, a_1, \dots, a_n$ -երը տրված իրական թվեր են, իսկ $i_1, i_2, \dots, i_n$ -երը սիմվոլներ են:

Նշված արտահայտության անվանենք հիպերկոմպլեքս թիվ.

$$p = a_0 + a_1 i_1 + a_2 i_2 + \dots + a_n i_n:$$

Եթե այդ համակարգում տրված է մեկ այլ հիպերկոմպլեքս թիվ՝

$$q = b_0 + b_1 i_1 + b_2 i_2 + \dots + b_n i_n,$$

այապ $p = q$ այն և միայն այն դեպքում, երբ $a_0 = b_0, a_1 = b_1, \dots, a_n = b_n$

($a_0 + a_1 0 + a_2 0 + \dots + a_n 0$ հիպերկոմպլեքս թիվը համարենք ուղղակի հավասար a_0 -ի):

Երկու հիպերկոմպլեքս թվերի գումարումն ու հանումը սահմանենք բնական ձևով.

$$\begin{aligned} p + q &= (a_0 + b_0) + (a_1 + b_1)i_1 + (a_2 + b_2)i_2 + \dots + (a_n + b_n)i_n \\ p - q &= (a_0 - b_0) + (a_1 - b_1)i_1 + (a_2 - b_2)i_2 + \dots + (a_n - b_n)i_n: \end{aligned}$$

Այժմ սահմանենք հիպերկոմպլեքս թվերի արտադրյալը:

Արտադրյալը սահմանելու համար մեզ անհրաժեշտ է սահմանել բոլոր $i_k i_m$ տեսքի արտադրյալները, որտեղ k -ն և m -ը իրարից անկախ ընդունում են 1-ից մինչև n բնական արժեքները:

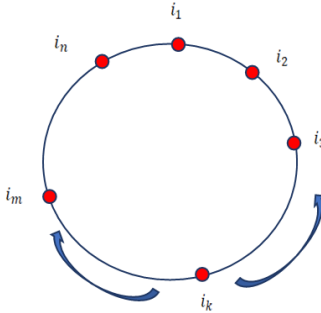
Նախ ընդունենք, որ $i_1^2 = i_2^2 = \dots = i_n^2 = -1$:

Այնուհետև $i_k i_m$ արտադրյալի սահմանման համար օգտվենք շրջանային աղյուսակից և կամայական $i_k i_m$ արտադրյալի համար դիտարկենք երկու դեպք. երբ $k < m$ և $k > m$:

Դեպք 1, երբ $i_k i_m$ արտադրյալի համար $k < m$:

Այս դեպքում $i_1, i_2, \dots, i_n$ սիմվոլները շրջանաձև դասավորված կլինեն այնպես, ինչպես ներկայացված է նկար 2-ում և i_k -ից կարող ենք գնալ i_m ժամսլաքի ուղղությամբ՝ անցնելով i_{k+1} -ի, i_{k+2} -ի, $\dots, i_{m-1}$ -ի վրայով, կամ ժամսլաքի հակառակ ուղղությամբ՝ անցնելով i_{k-1} -ի, i_{k-2} -ի, $\dots, i_1$ -ի, i_n -ի, i_{n-1} -ի, $\dots, i_{m+1}$ -ի վրայով և ընտրելով այդ ճանապարհներից ամենակարճը՝ ստանալ $i_k i_m$ արտադրյալի արժեքը հետևյալ կերպ.

$$i_k i_m = \begin{cases} i_{m+1}, & \text{եթե } m - k \leq n - (m - k) \text{ և } m \neq n \\ i_1, & \text{եթե } m - k \leq n - (m - k) \text{ և } m = n \\ -i_{m-1}, & \text{եթե } m - k > n - (m - k): \end{cases} \quad (4.1)$$



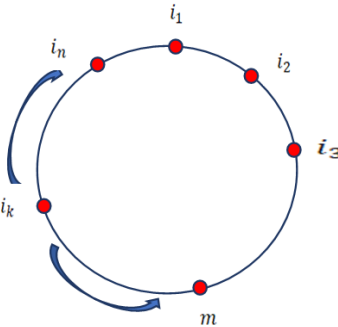
Նկար 2. $i_1, \dots, i_n$ սիմվոլների զույգերի արտադրյալների ստացման շրջանաձև դիագրամը $k < m$ դեպքում

Դեպք 2, երբ $i_k i_m$ արտադրյալի համար $k > m$:

Այս դեպքում $i_1, i_2, \dots, i_n$ սիմվոլները շրջանաձև դասավորված կլինեն այնպես, ինչպես ներկայացված է նկար 3-ում և i_k -ից կարող ենք գնալ i_m ժամսլաքի ուղղությամբ՝ անցնելով i_{k+1} -ի, i_{k+2} -ի, $\dots$, i_n -ի, i_{n+1} -ի, i_{m-1} -ի վրայով, կամ ժամսլաքի հակառակ ուղղությամբ՝ անցնելով i_{k-1} -ի, i_{k-2} -ի, $\dots$, i_{m+1} -ի վրայով և ընտրելով այդ ճանապարհներից ամենակարճը՝ ստանալ $i_k i_m$ արտադրյալի արժեքը հետևյալ կերպ.

$$i_k i_m = \begin{cases} -i_{m-1}, & \text{եթե } k - m \leq n - (k - m) \text{ և } m \neq 1 \\ -i_n, & \text{եթե } k - m \leq n - (k - m) \text{ և } m = 1 \\ i_{m+1}, & \text{եթե } k - m > n - (k - m): \end{cases} \quad (4.2)$$

1-ին և 2-րդ դեպքերի արդյունքում ըստ 4. 1 և 4. 2 բանաձևերի կստանանք $i_1, i_2, \dots, i_n$ սիմվոլների զույգերի արտադրյալները ներկայացնող աղյուսակը (նմանատիպ աղյուսակ կազմել ենք քառանդամների համար):



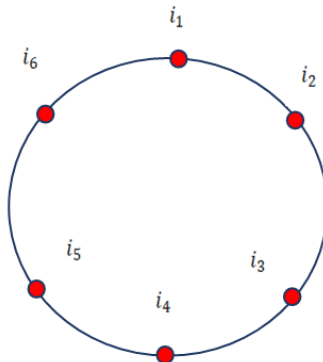
Նկար 3. $i_1, \dots, i_n$ սիմվոլների զույգերի արտադրյալների ստացման շրջանաձև դիագրամը $k > m$ դեպքում

Օրինակ, $p = a_0 + a_1 i_1 + a_2 i_2 + a_3 i_3 + a_4 i_4 + a_5 i_5 + a_6 i_6$ և $q = b_0 + b_1 i_1 + b_2 i_2 + b_3 i_3 + b_4 i_4 + b_5 i_5 + b_6 i_6$ վեց անդամ ($n=6$) պարունակող հիպերկոմպլեքս թվերի համար $i_k i_m$ արտադրյալը, որտեղ $k, m = 1, 2, 3, 4, 5, 6$, կսահմանվի հետևյալ կերպ (աղյուսակ 2)։

Աղյուսակ 2.

$i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6$ սիմվոլների զույգերի արտադրյալների արդյունքները

	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6
i_1	-1	i_3	i_4	i_5	$-i_4$	$-i_5$
i_2	$-i_6$	-1	i_4	i_5	i_6	$-i_5$
i_3	$-i_6$	$-i_1$	-1	i_5	i_6	i_1
i_4	i_2	$-i_1$	$-i_2$	-1	i_6	i_1
i_5	i_2	i_3	$-i_2$	$-i_3$	-1	i_1
i_6	i_2	i_3	i_4	$-i_3$	$-i_4$	-1



Նկար 4. $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6$ սիմվոլների շրջանաձև դիագրամը

Դժվար չէ ստուգել, որ այս հիպերկոմպլեքս թվերի համակարգում տեղի ունեն բազմապատկման հետևյալ հատկությունները.

- Ա) $1^* p = p^* 1 = p$
- Բ) $(a^* p)^* (b^* q) = (a^* b)^* (p^* q)$
- Գ) $p^* (q_1 + q_2) = p^* q_1 + p^* q_2$
- Դ) $(p_1 + p_2)^* q = p_1^* q + p_2^* q$:

Սակայն հիպերկոմպլեքս թվերի արտադրյալը տեղափոխական չէ։

Այսինքն, միշտ չէ, որ δ ձմարիտ է $p^* q = q^* p$ հավասարությունը։ Եվ այդ արտադրյալը չի բավարարում նաև զուգորդական կանոնին՝ $(p^* q)^* u = p^* (q^* u)$ ։

Դրա համար խոսելով այս հիպերկոմպլեքս թվերի բաժանելիության մասին պետք է առանձնացնել ձախ և աջ բաժանարարներ հասկացությունները:

$p \cdot x = q$ հավասարման լուծմանը կանվանենք ձախ քանորդ, իսկ $x \cdot p = q$ հավասարման լուծմանը՝ աջ քանորդ:

Այդ ձախ և աջ քանորդները, իհարկե, կարող են և չհամընկնել (ինչպես մատրիցների դեպքում. ոչ միշտ է, որ $A \cdot B = B \cdot A$):

Հայտնի է, որ արտադրյալի տեղափոխելիությունը ճշմարիտ է երկու (կոմպլեքս թվեր), չորս և ութ չափանի հիպերկոմպլեքս թվային համակարգերում:

Այսպիսով $(n+1)$ չափանի հիպերկոմպլեքս թվային համակարգն իրենից ներկայացնում է $a_0 + a_1 i_1 + a_2 i_2 + \dots + a_n i_n$ տեսքի արտահայտությունների համախմբությունը՝ գումարման սովորական ձևով (բնական) և բազմապատկմամբ (մեր դիտարկված դեպքում արդեն իսկ վերը շարադրված):

Իհարկե, եթե հիպերկոմպլեքս թվային համակարգում բաց թողնենք այսպես կոչված ազատ անդամը՝ a_0 -ն և դիտարկենք միայն $a_1 i_1 + a_2 i_2 + \dots + a_n i_n$ տեսքի արտահայտությունները, ապա կհանգենք n -չափանի վեկտորական տարածության՝ իրեն յուրահատուկ հանրահաշվական գործողություններով:

5. $i_k i_m$ արտադրյալների ստացման ծրագրային իրականացումը

Ծրագրավորման C++ լեզվով գրված է ծրագիր, որը կամայական $n \geq 3$ -ի համար արտածում է $i_k i_m$ արտադրյալների աղյուսակը:

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;
void main()
{
    int n, i, j;
    cout<<"n="; cin>>n;
    int **a=new int*[n];
    for(i=0;i<n;i++)a[i]=new int[n];
    int r,l,i1,i2,p=1;
    for (i=0;i<n;i++)
        for(j=0;j<n;j++)
        {
            if(i==j) a[i][j]=0;
            else
            {
                i1=i+1;i2=j+1;
                if(i1<=i2) { r=i2-i1; l=n-r;} else { l=i1-i2; r=n-l;}
                if(r<=l) a[i][j]=(i2==n ? 1:i2+1);
                else
                    if(r>l) a[i][j]=(i2==1? -n:-i2-1));
            }
        }
    for(i=0;i<n;i++){
```

```

for(j=0;j<n;j++)cout<<setw(3)<<a[i][j];
cout<<endl;}
}

```

Այս ծրագրի կատարման արդյունքում $n=6$ և $n=5$ -ի համար այն կարտածի հետևյալ արդյունքները (նկար 5).

n=6						n=5					
0	3	4	5	-4	-5	0	3	4	-3	-4	
-6	0	4	5	6	-5	-5	0	4	5	-4	
-6	-1	0	5	6	1	-5	-1	0	5	1	
2	-1	-2	0	6	1	2	-1	-2	0	1	
2	3	-2	-3	0	1	2	3	-2	-3	0	
2	3	4	-3	-4	0						
Press any key to continue_						Press any key to continue_					

Նկար 5. $n=6$ և $n=5$ դեպքում $i_k m$ գույգերի արտադրյալների արդյունքները

Այստեղ 0-ները համապատասխանում են $i_k i_k = -1$ -ին, իսկ թվերը ներկայացնում են համապատասխան համարի i_k սիմվոլը:

Քանի որ $i_k i_m$ արտադրյալներում ստանում ենք ինչպես դրական, այնպես էլ բացասական արժեքներ, ապա հաշվի առնելով այդ արտադրյալների սահմանումները (4.1 և 4.2) կարող ենք յուրաքանչյուր n -ի համար հաշվել դրանց քանակները:

Ըստ 4.1-ի և 4.2-ի կամայական k -ի և m -ի համար դրական արժեք ստանում ենք, երբ $|m - k| \leq n - |m - k|$, կամ որ նույնն է $|m - k| \leq \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor$, որտեղից հետևում է, որ արտադրյալների աղյուսակի յուրաքանչյուր տողում կա $\left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor$ հատ դրական թիվ, որտեղից հետևում է, որ.

1) եթե n -ը գույգ է ($n=2k$, $k \in \mathbb{N}$), ապա դրական տարրերի քանակը (dr) հավասար է՝ $dr = \frac{n}{2} * n$, օրինակ, երբ $n=6$, ապա $dr=6*6/2=18$ (նկ. 3),

2) եթե n -ը կենտ է ($n=2k+1$, $k \in \mathbb{N}$), ապա դրական տարրերի քանակը հավասար է՝ $dr = \frac{n-1}{2} * n$, օրինակ, երբ $n=5$, $dr=(5*5-5)/2=10$ (նկ. 4):

Վերլուծելով այդ արտադրյալների ստացման տրամաբանությունը՝ կարող ենք առաջարկել արտադրյալների աղյուսակի արագ լրացման հետևյալ ալգորիթմը, որը բխում է, եթե աղյուսակը դիտարկենք որպես **տող**, այսինքն՝ համարենք, որ աղյուսակի հանդիպակաց գագաթները և հանդիպակաց կողերը մեկը մյուսի շարունակությունն են և աղյուսակը սկսում ենք լրացնել $i_1 i_2 = i_3$ -ից անկյունագծերով՝ շրջանաձև (աղյուսակ 3), այսինքն կիրառելով «ըստ մոդուլ n -ի» գործողությունը ($i_{7(mod\ n)} = i_1$): Այդ դեպքում, երբ հերթական տարրը լրացնելու համար ընթացիկ վանդակն արդեն լրացված է, անցնում ենք աջից գուգահեռ անկյունագծին, իսկ դրականների քանակը լրանալուց հետո անցնում ենք բացասական տարրերը ստանալուն:

$i_k i_m$ զույգերի արտադրյալների արդյունքների աղյուսակի լրացման սխեման

	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7
i_1	-1	i_3	i_4	i_5	$-i_4$	$-i_5$	
i_2	$-i_6$	-1	i_4	i_5	i_6	$-i_5$	$-i_6$
i_3	$-i_6$	$-i_1$	-1	i_5	i_6	i_1	$-i_6$
i_4	i_2	$-i_1$	$-i_2$	-1	i_6	i_1	i_2
i_5	i_2	i_3	$-i_2$	$-i_3$	-1	i_1	i_2
i_6	i_2	i_3	i_4	$-i_3$	$-i_4$	-1	i_2
i_7		i_3	i_4	i_5	$-i_4$	$-i_5$	

Եզրակացություն

«Հիպերկոմպլեքս թվեր» հոդվածը նվիրված է կոմպլեքս թվերի ընդհանրացման ուսումնասիրությանը: Նախ ընդհանրացվել է կոմպլեքս թվերը քառատողերով՝ քվատերնիոններով, այնուհետև այն ընդհանրացվել է ցանկացած $(n+1)$ երկարությամբ հիպերկոմպլեքս թվերով: Այստեղ մենք կարևորություն ունի այդ թվերի արտադրյալի սահմանումը, որի համար անհրաժեշտ է սահմանել բոլոր $i_k i_m$ տեսքի արտադրյալները, որտեղ k -ն 1 m -ը իրարից անկախ ընդունում են 1 -ից մինչև n բնական արժեքները և այդ արտադրյալների արժեքները կախված են $k < m$ և $k > m$ դեպքերից, որոնք աշխատանքում մանրամասն դիտարկված են:

Հիպերկոմպլեքս թվերի համար սահմանված այդ արտադրյալը բավարարում է զուգորդական և բաշխական օրենքներին, չնայած այն չի բավարարում տեղափոխական օրենքին: Դրա համար տարբերակվել են աջ և ձախ քանոդներ հասկացությունները:

Մշակված է ընդհանուր ալգորիթմ ցանկացած երկարությամբ հիպերկոմպլեքս թվերի նմանատիպ արտադրյալի սահմանման համար: Այդ ալգորիթմի իրականացման համար գրված է ծրագիր ծրագրավորման C++ լեզվով, որը $n \geq 3$ երկարությամբ հիպերկոմպլեքս թվերի համար ստանում է $i_k i_m$ արտադրյալների աղյուսակը:

Այդ արտադրյալների ստացման տրամաբանությունից ելնելով առաջարկվել է արտադրյալների աղյուսակի արագ լրացման ալգորիթմ, որը հիմնված է աղյուսակը որպես տոր դիտարկելու և աղյուսակը անկյունագծերով՝ շրջանաձև «ըստ մոդուլ n -ի» գործողության կիրառման սկզբունքի վրա:

Հիպերկոմպլեքս թվերը կարող են իրենց կիրառությունները գտնել կոդավորման համակարգերում: Դրանք կիրառվում են երկրաչափության մեջ, ֆիզիկայում, Ֆինսլերովյան տարածություններում, ֆրակտալներում և այլն [3]:

Գրականություն

1. Кантор И. Л., Солодовников А. С. Гиперкомплексные числа, Москва: Наука, 1973, 144 с.
2. Привалов И. И. Введение в теорию функций комплексного переменного, 15-е изд., Санкт-Петербург: Издательство “Лань”, 2009, - 432 с.
3. <http://hypercomplex.info/articles/528/ru/pdf/main-12-opt.pdf>

Гиперкомплексные числа в геометрии и физике, №2(12), том 6 (2009) 2003.

Гиперкомплексные числа

*Закарян Манвел,
Джагарян Мариета*

Резюме

Ключевые слова: комплексные числа, триангуляции, кватернионы, умножение обобщенных комплексных чисел, тор, алгоритм

Статья «Гиперкомплексные числа» посвящена исследованию обобщения комплексных чисел. Сначала комплексные числа были обобщены на кватернионы, затем на гиперкомплексные числа любой $(n+1)$ длины. Большое значение здесь имеет определение произведения этих чисел, для чего необходимо определить все произведения вида $i_k i_m$, где k и m независимо принимают натуральные значения от 1 до n и значения этих произведений зависят от случаев $k < m$ и $k > m$, подробно рассмотренных в работе. Были выделены понятия правого и левого частного и был разработан общий алгоритм определения аналогичного произведения гиперкомплексных чисел любой длины. Для реализации этого алгоритма на языке программирования C++ написана программа, которая получает таблицу произведений $i_k i_m$ для гиперкомплексных чисел длины $n \geq 3$. На основе логики получения этих произведений был предложен алгоритм быстрого заполнения таблицы произведений, основанный на принципе рассмотрения таблицы как тора и применения операции «по модулю n » к диагоналям таблицы. Гиперкомплексные числа могут найти свое применение в системах кодирования. Они используются в геометрии, физике, финслеровых пространствах, фракталах и т. д. [3].

Hypercomplex Numbers

*Zakaryan Manvel,
Tchagharyan Marieta*

Summary

Key words: *complex numbers, triples, quaternions, multiplication of generalized complex numbers, torus, algorithm*

The article "Hypercomplex Numbers" is devoted to the study of the generalization of complex numbers. First, complex numbers are generalized to quaternions, and then they are generalized to hypercomplex numbers of any length $(n+1)$. Here, the definition of the product of these numbers is of great importance, for which it is necessary to define all products of the form $i_k i_m$, where k and m independently take natural values from 1 to n , and the values of those products depend on the cases $k < m$ and $k > m$, which are thoroughly considered in the work. The concepts of right and left quotients are distinguished. A general algorithm has been developed for defining a similar product of hypercomplex numbers of any length. To implement this algorithm, a program has been written in the C++ programming language, which obtains a table of products $i_k i_m$ for hypercomplex numbers of length $n \geq 3$. An algorithm for quickly filling the table of products has been proposed, which is based on the principle of considering the table as a grid and applying the circular "modulo n " operation along the diagonals of the table. Hypercomplex numbers can find applications in coding systems. They are used in geometry, physics, Finsler spaces, fractals, etc. [3].

Ներկայացվել է 20. 03. 2025 թ.
Գրախոսվել է 07. 04. 2025 թ.
Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025թ.

ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

БИОЛОГИЯ

BIOLOGY

**Мониторинг некоторых перспективных лекарственных растений
в фитоценозах Лорийского Марза Армении**

*Байрамян Лиля,
Лосян Аревик,
Асатрян Назели*

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-47>

Ключевые слова: флора, биоразнообразие, частота встречаемости, индекс Шеннона, шкала обилия Друде-Хульта, видовой состав

Лорийский марз выделяется своими уникальными природными условиями. Исследуемая территория расположена в северо-восточной части Республики Армения. Площадь 3750 кв.км. Территория региона практически совпадает с физико-географическим районом Лори-Памбак и лежит в пределах 41°15' до 40°41' северной широты и 43°56' до 44°57' восточной долготы. Средняя высота над уровнем моря 1353 м. [1; 3]. Природные условия региона сложны и разнообразны, что обусловлено пестрым и возрастным составом горных пород данного участка земной коры, сложностью структурных элементов, различным положением и ориентацией форм поверхности, нагреванием и увлажнением. Роль Лорийского региона на современном этапе развития республики существенно возрастает, что обусловлено его разнообразным и богатым природным сырьем и ресурсами [1; 2].

Лорийский марз богат лекарственными растениями, но большая их часть не знакома местному населению и не используется. Из 3500-3600 видов растений, известных на территории Армении, около 2500 имеют лекарственное значение, из них около 250 используются в республике не только в качестве лекарственных, но и в пищу [1;10;12]. Известно, что перспективные лекарственные растения, имеющие общий ареал распространения, отличаются практически одинаковыми биоэкологическими характеристиками [7; 11; 13; 14; 19].

Актуальность работы.

Часть лекарственных растений, которые из-за незавершенности исследований мало используются в медицине, ароматотерапии, декоративной селекции растений и озеленении, отнесена к статусу перспективных растений и их глубокое изучение является одной из актуальных задач. Большинство лекарственных растений являются сырьем для фармацевтических препаратов и их ресурсы с каждым годом истощаются, поскольку используются сверх допустимого предела и возникает проблема вымирания видов. Именно поэтому возрастает необходимость изучения и использования ареалов новых видов лекарственных растений. Благодаря исследованиям можно распознать и некоторые лекарственные растения, популяции которых не эксплуатируются [5; 8].

Цель работы – изучение видового состава перспективных лекарственных растений некоторых фитоценозов Лорийского марза.

Задача работы состоит в следующем:

- мониторинг ареалов перспективных локальных группировок ценных лекарственных растений,
- определение видового состава некоторых перспективных видов лекарственных растений,
- определение частоты встречаемости и обилия видов.

Метод определения частоты встречаемости видов относится к маршрутному методу. Сущность метода заключается в определении распространения локальных групп лекарственных растений и частоты встречаемости. Коэффициент повторяемости локальных групп видов в исследуемых фитоценозах определялся методом определения повторяемости видов, принятым в геоботанике [5;6;22]. Исследованы некоторые дикорастущие ценные лекарственные растения, которые незнакомы населению региона. Выбраны три экспериментальных участка, каждый по 100 м²: окрестные леса Ванадзора, травяные склоны совхоза Шаумян, луговые фитоценозы села Гугарк.

Объект исследования.

Объектом исследований являются прилегающие к городу Ванадзор окрестные леса, луговые, степные фитоценозы сел Шаумян и Гугарк.

Предмет исследования – перспективно ценные лекарственные растения.

Исследования проводились с 2023 по 2024 гг.

Проведен мониторинг наиболее распространенных растений-мезофитов Лорийского марза; рассчитано их среднее количество на опытных площадках (100м²), изучено их применения местным населением [14-20] (таб.1).

Таблица 1

Видовой состав лекарственных растений в окрестных фитоценозах и степень применения некоторых из них

Семейство	Вид	Применение местным населением	Число растений на 100м²
<i>Lamiaceae</i>	<i>Melissa officinalis L</i>	довольно часто	50
	<i>Mentha arvensisL.</i>	довольно часто	40
	<i>Marrubium vulgare L.</i>	не используется	35
	<i>Leonorus cardiaca L</i>	не используется	40
	<i>Thymus serpyllum L.</i>	довольно часто	100
	<i>Origanum vulgare L.</i>	редко	30
<i>Cuscutaceae</i>	<i>Cuscuta epithymum(L) L.</i>	не используется	100
<i>Urticaceae</i>	<i>Urtica dioica L.</i>	довольно часто	100
<i>Asteraceae</i>	<i>Cichorium intybus L.</i>	неизвестно	40
	<i>Centaurea jacea L.</i>	неизвестно	60
	<i>Achillea millefolium L.</i>	редко	60
	<i>Arctiumlappa L.</i>	неизвестно	25

Семейство	Вид	Применение местным населением	Число растений на 100м²
	<i>Senecio rhombifolius L.</i>	неизвестно	20
	<i>Artemisia absinthium L.</i>	редко	50
	<i>Bidens tripartitus L.</i>	неизвестно	40
	<i>Ínula helénium L.</i>	неизвестно	10
	<i>Onopordum acanthium L.</i>	неизвестно	45
	<i>Cirsium ciliatum Mill</i>	неизвестно	30
	<i>Cirsium vulgare (Savi)Ten.</i>	редко	40
	<i>Tussilágo farfara L.</i>	неизвестно	50-60
	<i>Echinops sphaerocephalus L.</i>	неизвестно	15
	<i>Taraxacum officinale L.</i>	редко	100
	<i>Elytrigia repens (L.) Desv. Ex Nevski</i>	неизвестно	120
<i>Polygonaceae</i>	<i>Fallopia hydropiper L.</i>	неизвестно	60
	<i>Rumex acetosa L.</i>	не используется	50
<i>Apiaceae</i>	<i>Falcaria vulgaris Bernh</i>	не используется	60
	<i>Astrodaucusorientalis (L.) Drude</i>	довольно часто	50
	<i>Heracleus Sosnowskyi</i>	довольно часто	50
<i>Brassicaceae</i>	<i>Sisymbrium officinale L.</i>	не используется	60
<i>Alliaceae</i>	<i>Állium ursínium L.</i>	довольно часто	50
<i>Equisetaceae</i>	<i>Equisetum arvense L.</i>	не используется	15
<i>Boraginaceae</i>	<i>Symphytum officinale L.</i>	не используется	30
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Ranunculus acris L.</i>	не используется	60-70
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Saponaria officinalis L.</i>	не используется	50
<i>Malvaceae</i>	<i>Althaea officinalis L.</i>	не используется	50-60
<i>Fabaceae</i>	<i>Lathyrus pratensis L.</i>	довольно часто	30-40
<i>Araceae</i>	<i>Arum orientaleM. Bieb</i>	не используется	40
<i>Papaveraceae</i>	<i>Chelidonium majus L.</i>	часто	50

Мониторинг наиболее распространенных лекарственных растений окрестных фитоценозов выявил 38 видов лекарственных растений из 16 семейств (таб.1). Приведены средние данные по распространению растений на исследуемых площадках: окрестные леса города Ванадзор, горные склоны сел Шаумян и Гугарк. Большинство растений населению известны как съедобные. Однако, многие из них не используются в народной медицине данного региона.

Как известно, видовая структура биоценоза характеризуется не только видовым разнообразием растений, но и их количественными показателями [4-5]. Встречаемость (частота встречаемости, коэффициент встречаемости) – это относительное число выборок, в которых встречается вид [4-5]. Количественное соотношение видов в биоценозе, или индекс разнообразия (H) чаще всего определяется по формуле Шеннона:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2 p_i$$

где p – доля каждого вида в сообществе.

Определен индекс биоразнообразия.

На опытных площадках исследована доля каждого из 38 видов $p_i = x_i / \Sigma x$:

$$\begin{aligned} p_1 &= \frac{50}{1935} = 0,026 & p_2 &= \frac{40}{1935} = 0,02 & p_3 &= \frac{35}{1935} = 0,018 & p_4 &= \frac{40}{1935} = 0,02 & p_5 &= \frac{100}{1935} = 0,05 \\ p_6 &= \frac{30}{1935} = 0,016 & p_7 &= \frac{100}{1935} = 0,05 & p_8 &= \frac{100}{1935} = 0,05 & p_9 &= \frac{40}{1935} = 0,02 & p_{10} &= \frac{60}{1935} = 0,031 \\ p_{11} &= \frac{60}{1935} = 0,031 & p_{12} &= \frac{25}{1935} = 0,013 & p_{13} &= \frac{20}{1935} = 0,01 & p_{14} &= \frac{50}{1935} = 0,026 & p_{15} &= \frac{40}{1935} = 0,02 \\ p_{16} &= \frac{10}{1935} = 0,005 & p_{17} &= \frac{45}{1935} = 0,023 & p_{18} &= \frac{30}{1935} = 0,016 & p_{19} &= \frac{40}{1935} = 0,02 & p_{20} &= \frac{55}{1935} = 0,028 \\ p_{21} &= \frac{30}{1935} = 0,005 & p_{22} &= \frac{45}{1935} = 0,023 & p_{23} &= \frac{30}{1935} = 0,016 & p_{24} &= \frac{60}{1935} = 0,031 & p_{25} &= \frac{55}{1935} = 0,028 \\ p_{26} &= \frac{15}{1935} = 0,007 & p_{27} &= \frac{100}{1935} = 0,05 & p_{28} &= \frac{120}{1935} = 0,06 & p_{29} &= \frac{60}{1935} = 0,031 & p_{30} &= \frac{60}{1935} = 0,031 \\ p_{31} &= \frac{50}{1935} = 0,026 & p_{32} &= \frac{30}{1935} = 0,016 & p_{33} &= \frac{65}{1936} = 0,034 & p_{34} &= \frac{50}{1935} = 0,026 \\ p_{35} &= \frac{55}{1935} = 0,028 & p_{36} &= \frac{35}{1935} = 0,018 & p_{37} &= \frac{40}{1935} = 0,02 & p_{38} &= \frac{50}{1935} = 0,026 \end{aligned}$$

Далее рассчитано общее количество растений Σx :

$$\begin{aligned} \Sigma x &= 50 + 40 + 35 + 40 + 100 + 30 + 100 + 100 + 40 + 60 + 60 + 25 + 20 + \\ &+ 50 + 40 + 10 + 45 + 30 + 40 + 55 + 15 + 100 + 120 + 60 + 60 + 60 + 50 + 60 + \\ &+ 50 + 15 + 50 + 30 + 65 + 50 + 55 + 35 + 40 + 50 = 1935 \end{aligned}$$

Таким образом, на исследуемых площадках всего произрастает 1935 растений.

Нами определено обилие особей вида на единице площади. Для этого использовали шкалу обилия Друде и Хульта (таб.2).

Таблица 2

Шкала обилия видов на пробных площадках окрестных фитоценозов Ванадзора

Вид	доля каждого вида в общей популяции (p_i)	Число растений на 100 м ²	Шкала обилия Друде-Хульта (балльная)
<i>Melissa officinalis L</i>	0,26	50	не обильно (3 балла)
<i>Mentha arvensis L.</i>	0,02	40	не обильно (3)
<i>Marrubium vulgare L.</i>	0,018	35	довольно часто (3)
<i>Leonorus cardiaca L</i>	0,02	40	не обильно (3)
<i>Thymus serpyllum L.</i>	0,05	100	обильно (4)
<i>Origanum vulgare L.</i>	0,016	30	не обильно (3)
<i>Cuscuta epithymum L.</i>	0.05	100	обильно (4)
<i>Urtica dioica L.</i>	0.05	100	обильно (4)
<i>Cichorium intybus L.</i>	0,02	40	не обильно (3)
<i>Centaurea jacea L.</i>	0,031	60	обильно (4)

Вид	доля каждого вида в общей популяции (р)	Число растений на 100 м ²	Шкала обилия Друде-Хульта (балльная)
<i>Achillea millefolium L.</i>	0,031	60	обильно (4)
<i>Arctiumlappa L.</i>	0,013	25	не обильно (3)
<i>Senecio rhombifolius L.</i>	0,01	20	довольно часто
<i>Artemisia absinthium L.</i>	0,026	50	не обильно (3)
<i>Bidens tripartitus L.</i>	0,02	40	не обильно (3)
<i>Ínula helénium L.</i>	0,005	10	редко (2)
<i>Onopordum acanthium L.</i>	0,023	45	не обильно (3)
<i>Cirsium ciliatum Mill</i>	0,016	30	не обильно (3)
<i>Cirsium vulgare (Savi) Ten.</i>	0,02	40	не обильно (3)
<i>Tussilágo farfara L.</i>	0,028	50-60	обильно (4)
<i>Echinops sphaerocephalus L.</i>	0,007	15	довольно часто (2)
<i>Taraxacum officinale L.</i>	0,05	100	обильно (4)
<i>Elytrigia repens (L.) Desv. Ex Nevski</i>	0,06	120	обильно (4)
<i>Fallopia hydropiper L.</i>	0,031	60	много (3)
<i>Rumex acetosa L.</i>	0,026	50	много (3)
<i>Allium ursinum L.</i>	0,031	60	много (3)
<i>Falcaria vulgaris Bernhukrop</i>	0,031	60	много (3)
<i>Heracleus Sosnowskyi</i>	0,026	50	много (3)
<i>Sisymbrium officinale L.</i>	0,031	60	много (3)
<i>Equisetum arvense L.</i>	0,007	15	довольно часто (2)
<i>Astrodaucusorientalis (L) Drude</i>	0,026	50	много (3)
<i>Symphytum officinale L.</i>	0,016	30	много (3)
<i>Ranunculus acris L.</i>	0,034	60-70	много (3)
<i>Saponaria officinalis L.</i>	0,026	50	много (3)
<i>Althaea officinalis L.</i>	0,028	50-60	много (3)
<i>Lathyrus pratensis L.</i>	0,018	30-40	много (3)
<i>Arum orientale M. Bieb</i>	0,02	40	много (3)
<i>Chelidonium majus L</i>	0,026	50	много (3)

$$\begin{aligned}
H' = & -(0.26 \cdot \ln(0.26) + 0.02 \cdot \ln(0.02) + (0.018 \cdot \ln(0.018) + (0.26 \cdot \ln(0.26) + (0.02 \cdot \ln(0.02) \\
& + (0.05 \cdot \ln(0.05) + (0.016 \cdot \ln(0.016) + (0.05 \cdot \ln(0.05) + (0.05 \cdot \ln(0.05) + (0.002 \cdot \ln(0.02) + \\
& + (0.031 \cdot \ln(0.031) + (0.031 \cdot \ln(0.031) + (0.013 \cdot \ln(0.013) + (0.01 \cdot \ln(0.01) + (0.026 \cdot \ln(0.026) + \\
& + (0.02 \cdot \ln(0.02) + (0.05 \cdot \ln(0.05) + (0.023 \cdot \ln(0.023) + (0.016 \cdot \ln(0.016) + (0.02 \cdot \ln(0.02) + \\
& + (0.028 \cdot \ln(0.028) + (0.007 \cdot \ln(0.007) + (0.05 \cdot \ln(0.05) + (0.06 \cdot \ln(0.06) + (0.031 \cdot \ln(0.031) + \\
& + (0.031 \cdot \ln(0.031) + (0.031 \cdot \ln(0.031) + (0.026 \cdot \ln(0.026) + (0.031 \cdot \ln(0.031) + (0.026 \cdot \ln(0.026) + \\
& + (0.07 \cdot \ln(0.07) + (0.026 \cdot \ln(0.026) + (0.016 \cdot \ln(0.016) + (0.034 \cdot \ln(0.034) + (0.026 \cdot \ln(0.026) + \\
& + (0.028 \cdot \ln(0.028) + (0.018 \cdot \ln(0.018) + (0.02 \cdot \ln(0.02) + (0.026 \cdot \ln(0.026)) = 3.5
\end{aligned}$$

Индекс Шеннона составил 3,5, что свидетельствует о богатом биоразнообразии исследуемой территории. Основная флора региона, в частности, представлена мезофитами. Их численность определяется не только антропогенным воздействием, но и особенностью местообитаний растений. Нами изучено около 38 видов лекарственных трав, степень употребления которых различна.

Заключение:

1. проведен мониторинг лекарственных растений в фитоценозах Лорийского региона.
2. изучено распространение, частота встречаемости, обилие 38 видов растений, большинство которых - мезофиты.
3. наиболее часто встречается 28 видов лекарственных растений, из которых населением используется 16 видов, что составляет 57%
4. из 28 видов редко используется 5 видов, что составляет 17,8%
5. довольно часто встречается 25-35 видов растений, которые в марзе вообще не известны, как лекарственные растения
6. из 4 редко встречающихся видов растений, ни один из них не используется как лекарственное
7. мониторинг некоторых видов лекарственных растений показал, что из 38 видов растений довольно часто используется 18, 4 % растений.

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-47>

Литература

1. Акопян С. Г. Лекарственные растения армянского природного мира, изд. "Айастан", Ереван, 1975, с 133 (на арм.яз).
2. Арутюнян Л. В., Арутюнян С. Л., «Дендрофлора Армении», Ереван «Луйс» 1985, 440 стр., 1-я часть (11-13). (на арм.яз).
3. Манасян М. Г., Григорян А. Т., Егъян Г. Б. Лорийский марз, природа, население, экономика, Ереван, 2003, с. 208. стр.102-103 (на арм.яз).
4. Артаев О. Н. Б., Башмаков Д. И., Безина О. В., «Методы полевых экологических исследований», Саранск, изд Мордов, 2014. 412 с.
5. Белоногова В.Д. Ресурсы, экологическая безопасность и фитохимические исследования дикорастущих лекарственных растений Пермского края, Пермь, 2009. 523 с.
6. Воронов А. Г. Геоботаника. Учеб. Пособие для ун-тов и пед. ин-тов. Изд. 2-е. Москва: Высш. шк., 1973. 384 с.
7. Золотницкая С. Я. Лекарственные ресурсы флоры Армении, Ереван, 1965г, т.2., с. 372.
8. Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломош А. И. Современная наука о растительности, Москва: Логос, 2001, - 264 с.

9. Москалюк Т. А. Курс лекций по биогеоценологии. Эколого-географический анализ видов. Ботанический сад-институт ДВО РАН 2024.
10. Наумова, Л. Г. Синэкология растений [текст]: учеб. пособие. Л. Г. Наумова, Уфа: Изд-во БГПУ, 2016, - 92 с.
11. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 1954, том 1, 288 с.
12. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 1956, том 2, 503 с.
13. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 1958 г, том 3, 385 с.
14. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 1962, том 4, 433 с.
15. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 1966, том 5, 382 с.
16. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 1973, том 6, 484 с.
17. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 1980, том 7, 291 с.
18. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 1987, том 8, с. 418.
19. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 1995, том 9, 674 с.
20. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 2001, том 10, 610 с.
21. Тахтаджян А. Л. «Флора Армении» изд. Академии наук Армянской ССР, Ереван, 2009, том 11, 545 с.
22. Цветков В. Ф. Лесной биогеоценоз. Архангельск, 2003, 2-е изд, 267 с.

Հայաստանի Լոռու մարզի ֆիտոցենոզներում հեռանկարային որոշ դեղաբույսերի մոնիտորինգ

*Բայրամյան Լիլյա,
Լոքյան Արևիկ,
Ասատրյան Նազելի*

Ամփոփում

***Հանգուցային բառեր.** ֆլորա, կենսաբազմազանություն, հանդիպման հաճախականություն, Շենոնի ինդեքս, Դրուդե-Հուլտի առատության սանդղակ, տեսակային կազմ*

Ուսումնասիրվող տարածքը գտնվում է Հայաստանի Հանրապետության հյուսիսարևելյան մասում: Լոռու մարզն աչքի է ընկնում իր յուրահատուկ բնական պայմաններով: Դեղաբույսերի մեծ մասի ռեսուրսները ամեն տարի սպառվում են, քանի որ դրանք օգտագործվում են թույլատրելի սահմաններից դուրս, և առաջանում է տեսակների անհետացման խնդիր:

Կատարվել է թերի հետազոտության պատճառով բժշկության, արոմաթերապիայի, դեկորատիվ բույսերի բուծման և կանաչապատման մեջ քիչ օգտագործվող մի շարք դեղաբույսերի մոնիթորինգ: Մարզի դեղաբույսերի այդ մասը դասակարգվում են որպես հեռանկարային բույսեր, և դրանց խորը ուսումնասիրությունը հրատապ խնդիրներից է, ահա թե ինչու մեծանում է դեղաբույսերի մի շարք տեսակների աճելավայրերի ուսումնասիրության անհրաժեշտությունը: Ուսումնասիրվել են Լոռու մարզի ֆիտոցենոզներում 38 դեղաբույսերի տեսակների բաշխվածությունը, հանդիպման հաճախականությունը և առատությունը: Ամենատարածվածը 28 տեսակի դեղաբույսեր են (57%), որոնցից 16 տեսակ օգտագործվում է բնակչության կողմից: Բավականին հաճախ հանդիպում են 25-35 տեսակի բույսեր, որոնք տարածաշրջանում ընդհանրապես հայտնի չեն որպես դեղաբույսեր: Դեղաբույսերի որոշ տեսակների մոնիթորինգը ցույց է տվել, որ 38 բուսատեսակներից բավականին հաճախ է օգտագործվում 18.4 %-ը:

Monitoring of Some Prospective Medicinal Plants in Phytocenoses of Lori Region of Armenia

*Bayramyan Lilia,
Lokyan Arevik,
Asatryan Nazeli*

Summary

Key words: *flora, biodiversity, frequency of occurrence, Shannon index, Drude-Hullt abundance scale, species composition*

The study area is located in the northeastern part of the Republic of Armenia. Lori region is notable for its unique natural conditions. The resources of the majority of medicinal plants are depleted every year, as they are used beyond permissible limits and the problem of species extinction arises. A study was conducted to monitor several medicinal plants that are rarely used in medicine, aromatherapy, ornamental plant breeding, and landscaping due to incomplete research. These regional medicinal plants are considered promising, and conducting an in-depth study of them is a pressing issue. Consequently, there is a growing need to investigate the habitats of various medicinal plant species. The distribution, frequency, and abundance of 38 medicinal plant species were studied in the phytocenoses of the Lori region. Of these, 28 species (57%) are commonly found, and 16 are actively used by the local population. Quite often there are 25-35 species of plants that are not known as medicinal plants in the region at all. Monitoring of some species of medicinal plants showed that 18.4% of the 38 plant species are used quite often.

**Ներկայացվել է 15. 04. 2025 թ.
Գրախոսվել է 25. 04. 2025 թ.
Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025թ.**

Detection of Seasonal Changes in Heavy Metal Concentrations in the Soil-Irrigation Water System using Machine Learning

*Sukiasyan Astghik,
Yesayan Patrik,
Kirakosyan Armen,
Ghazaryan Armine,
Simonyan Gevorg*

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-55>

Key words: *soil, water, heavy metals, distribution, pollution, geo-ecology, environmental chain, modeling, PYTHON/Simulink*

Introduction

Soil is an independent natural object that constitutes the upper layer of the Earth's crust. It is the primary habitat of numerous plants and living organisms. Furthermore, it is a nexus between the atmosphere and water cycle, the terrestrial ecosystem, and the biosphere. The composition of soil constantly changes over time and space, resulting from the interaction of natural factors. These factors encompass climate, relief, flora, fauna, and soil-forming rocks [1; 14].

The chemical and mechanical composition of the soil, as well as its structural features, are pivotal in determining the pore system, size, shape and volume. The distribution of water within the soil, as well as the properties of the water itself, is determined by these factors [5]. In considering the physical and chemical properties of water, four distinct mobile forms are typically distinguished: bound, capillary, gravitational, and evaporating [10]. Additionally, immobile hard water is observed in soil-ice [22]. Water provides chemical elements and compounds in the structure of the soil cover, which results in differences in the ability of the soil itself to absorb and retain water [3]. The capacity of soil to absorb and retain water varies among different types. Some types of soil quickly absorb water but struggle to retain it for long periods, while other soil types have poor absorption rates and swiftly lose the water they do absorb. The key water properties regulate the soil's ability to permit its passage, regulating the humidity level and evaporation potential. The soil's absorption properties are determined by its capacity to hold dissolved and suspended substances in water, as well as air and water vapor [11]. The retention of nutrients in the soil can be attributed to these absorption properties, thereby preventing their washout. The adsorption capacity of soil is influenced by a range of physical, chemical, physicochemical, mechanical, and biological processes [4]. Among these properties, physical and physicochemical absorption directly relate to the soil's absorbing composition [15]. The total charge of most soil-adsorption complexes is known to be negative [6]; thus, in the absorbed state, it is understood to primarily retain positively charged ions (cations) on its surface [2]. Irrespective of the variables in ecosystems, irrigation gives rise to considerable

alterations in the chemical characteristics of soils. Concurrently, surface water quality is influenced by both the operational capacity of natural ecological systems and anthropogenic load from various sources. Of particular concern are heavy metals (HMs), as despite being present in only trace amounts, exert a detrimental effect on soil cover, aquatic ecosystems and human health [17]. However, it is important to note that many HMs are essential for the proper functioning of living organisms, as they play a crucial role in various biological processes and are components of several enzymes [20; 21].

The pernicious effects of excessive concentrations of HMs on aquatic ecosystems are attributable to three main factors: their high toxicity, their lack of biodegradability, and their propensity to accumulate within ecosystems [7,19]. This poses a significant risk of secondary pollution as environmental conditions change [12]. It is recognized that some HMs are potentially hazardous to the soil environment; this assertion is supported by the classification of these materials into three distinct classes [16]: class I – zinc, lead, arsenic and cadmium; class II – copper, chromium, nickel, cobalt and chromium; class III – manganese and vanadium.

However, several factors influence the contamination levels of HMs in ecosystems, including the maximum concentration permitted, biochemical and geochemical cycles, and their distribution throughout the environment. The work aims to study the seasonal behavior of some heavy metals in the soil-irrigation water system using modern machine learning approaches.

Materials and Research Methods

The experimental study ascertained the concentrations of iron (Fe), zinc (Zn), vanadium (V) and copper (Cu) in soil and irrigation water samples collected during each season over a year. Soil samples were collected from a depth of 20 cm using non-metallic instruments in dry weather conditions. Subsequently, the samples were transferred into opaque glass containers and maintained at a temperature of +4°C for a duration of 24 hours, during which instrumental measurements were conducted within the laboratory setting accordingly [18]. The collection of irrigation water samples was conducted in accordance with the ISO 5667-1:2006 international standard, which delineates the methodology for the analysis of water samples during four distinct seasons [8]. The elemental analysis of all irrigation water samples was conducted using a portable Termo Scientific™ Niton™ X-ray analyzer, which utilised direct X-ray radiation [23]. The geographic coordinates of each irrigation water and soil sampling location are shown in Table 1.

Table 1
Geographical Coordinates of Sampling Locations

Samling Sites		Northern Latitude	Eastern Longitude
I	The territory of the Hrazdan Cement Plant	40.555918	44.744304
II	Gavar, Noratus community	40.372297	45.201301
III	Martuni, Yeranos community	40.154445	45.257190

Results and Discussion

Distribution of HMs in soil and water sample. HMs occur in various oxidation states in both water and soil, forming part of numerous inorganic and organometallic compounds. The type of involved metal ions can influence different processes in water, such as hydrolysis, oxidation-reduction reactions, complexation with various ligands, and precipitation. These processes facilitate the movement of metal ions dissolved in irrigation water into the soil. Moreover, metal ions can migrate from soil to water. This movement establishes a dynamic equilibrium in the distribution of metals within the soil-water system. The concentrations of vanadium, iron, copper and zinc in soil and water samples from the sites selected for the study over each of the four seasons are shown in Table 2.

Table 2

Concentrations of Heavy Metals in Soil and Water Samples

Sampling Information		Chemical Elements							
		V		Fe		Cu		Zn	
by site	by season	Water, mg/l	Soil, mg/kg	Water, mg/l	Soil, mg/kg	Water, mg/l	Soil, mg/kg	Water, mg/l	Soil, mg/kg
The territory of the Hrazdan Cement Plant	I	0.003	124.87	1.06	29633	0.07	85.10	0.07	99.27
	II	0.02	125.93	3.63	29432	0.04	58.47	0.05	109.97
	III	0.04	153.10	1.391	29639	0.07	67.30	0.09	118.13
	IV	0.007	131.2	1.318	20903.4	0.019	71.58	0.023	116.9
Gavar, Noratus community	I	0.03	130.55	0.65	38515.0	0.02	84.40	0.02	87.50
	II	0.02	128.25	0.91	36379.3	0.07	69.95	0.12	126.50
	III	0.03	121.85	0.39	36027.9	0.02	65.45	0.02	89.50
	IV	0.02	122.8	1.28	37116.6	0.01	69.8	0.012	90.1
Martuni, Yeranós community	I	0.001	116.55	0.14	31548.45	0.012	71.80	0.007	85.45
	II	0.001	104.55	0.21	29325.95	0.018	58.65	0.009	98.60
	III	0.004	114.65	0.24	31199.50	0.02	53.60	0.01	85.40
	IV	0.001	115.25	0.284	30847.7	0.013	57.45	0.011	83.2

The analysis of obtained data showed that changes in the concentrations of vanadium, iron, copper and zinc may be subject to seasonal variations. Based on these data, the correlation of the concentration values of the studied HMs in water and soil was calculated. The findings indicate a positive correlation between the concentrations of V, Cu and Zn in water and soil samples. However, a sufficient correlation was identified between V and Zn. Concentrations of Fe have been found to correlate negatively, which may be due to iron ions in the soil being bound in soil colloids, thereby hindering their transition from soil to water:

$$V_{\text{water}} = (-0.09825 \pm 0.02905) + (0.00084 \pm 0.00023) \cdot V_{\text{soil}}, R^2 = 0.75152, N = 12,$$

$$\begin{aligned} \text{Fe}_{\text{water}} &= (2.29540 \pm 2.01800) - (0.00004 \pm 0.00002) \cdot \text{Fe}_{\text{soil}}, R^2 = -0.28942, N = 12, \\ \text{Cu}_{\text{water}} &= (-0.01290 \pm 0.0500) + (0.00084 \pm 0.00073) \cdot \text{Cu}_{\text{soil}}, R^2 = 0.29943, N = 12, \\ \text{Zn}_{\text{water}} &= (-0.16190 \pm 0.04710) + (0.00200 \pm 0.000240) \cdot \text{Zn}_{\text{soil}}, R^2 = 0.803130, N = 12. \end{aligned}$$

Then, to obtain models, the input variables are indicated by the vector X , and the output variables by the vector Y [9]. Having obtained that there is some dependence between them, the generalized equation can be represented as follows:

$$Y = f(X) + \epsilon \quad (1)$$

where $X = (x_1, x_2, \dots, x_p)$, ϵ is a random error value that does not depend on the variables X , and f is an unknown function that depends on X . The main task of machine learning is to find an unknown function $f(X)$. Since the error ϵ does not depend on the variables X and is a random variable, it becomes impossible to obtain a completely accurate dependence on the variable Y . For this reason, we are considering an approximate equation, which, in case of a small error, can be represented in the following formula:

$$\hat{Y} = \hat{f}(X) \quad (2)$$

where $\hat{f}$ represents estimate for f , and $\hat{Y}$ represents the resulting prediction for Y . Machine learning tries to select the parameters of the function f , at which the variables Y and $\hat{Y}$ are as close to each other as possible. To do this, it becomes necessary to reduce the error in forecasting, which can be represented as reducible and irreducible components:

$$E(Y - \hat{Y})^2 = E[f(X) + \epsilon - \hat{f}(X)]^2 = [f(X) - \hat{f}(X)]^2 + \text{Var}(\epsilon) \quad (3)$$

where $E(Y - \hat{Y})^2$ represents the average, or expected value, $[f(X) - \hat{f}(X)]^2$ is the reducible error component, and $\text{Var}(\epsilon)$ is a variation of a random error, which is the irreducible component. During machine learning, only the reducible error component can be reduced.

To determine the function $f(X)$ using machine learning is necessary to select its type or model. One of the most common models is linear regression, which allows one to represent the relationship between input and output variables in the form of linear equations. For several input variables, it is necessary to take a multidimensional linear regression model, which we can represent in the following formula:

$$Y(X) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \epsilon \quad (4)$$

A predictive model is obtained from formulas (2) and (4):

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \dots + \hat{\beta}_p x_p \quad (5)$$

The parameters $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_p$ are determined by solving the sum of quadratic residuals (RSS) differences optimization problem shown below:

$$\text{RSS} = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_1 - \hat{\beta}_2 x_2 - \dots - \hat{\beta}_p x_p)^2 \quad (6)$$

Polynomial regression is a type of regression analysis in which the relationship

between the independent variable x and the dependent variable y is modeled as an n -degree polynomial function. Unlike linear regression, which assumes a straight-line relationship, polynomial regression allows for curvature, making it useful for capturing more complex patterns in data [13].

For data exhibiting non-linearity, a polynomial regression model is defined as:

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 + \dots + b_nx^n + \varepsilon \tag{7}$$

where higher-order terms $x^2, x^3, \dots, x^n$ introduce curvature, allowing the model to capture more complex relationships.

Analysis of Metal Concentration in Soil and Water Across Different Seasons and Locations. The first step in developing machine learning models is analyzing the collected data to determine its suitability for predictive modeling. One of the most effective ways to assess data relationships is by computing the **correlation matrix**, which measures the statistical dependency between variables. The data from Table 1 was gathered in four distinct weather conditions—autumn (1), winter (2), spring (3), and summer (4) - from three locations: Hrazdan (1), Gavar (2), and Martuni (3). The correlation between metal concentrations in soil and water can be calculated using the following formula:

$$r = \frac{\sum (X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum (X-\bar{X})^2} \cdot \sqrt{\sum (Y-\bar{Y})^2}} \tag{8}$$

A Python script was used to compute the correlation between each variable. The input features for the model include metal concentrations in soil, season, and location, while the outputs are metal concentrations in water. The correlation results are summarized in Table 3.

Table 3

Correlation matrix

				Soil				Water			
		Season	Place	V	Fe	Zn	Cu	V	Fe	Zn	Cu
Season		1,00	0,00	0,07	-0,25	-0,50	0,03	-0,02	0,01	-0,32	-0,22
Place		0,00	1,00	0,27	0,28	-0,15	0,06	0,35	-0,03	0,17	0,30
Soil	V			1,00	-0,06	0,38	0,58	0,83	0,41	0,60	0,62
	Fe				1,00	0,20	-0,35	0,34	-0,22	-0,04	0,06
	Zn					1,00	0,08	0,25	-0,04	0,30	0,25
	Cu						1,00	0,44	0,51	0,71	0,80
Water	V							1,00	0,44	0,43	0,51
	Fe								1,00	0,34	0,36
	Zn									1,00	0,95
	Cu										1,00

Vanadium demonstrates the strongest correlation between its concentration in soil and water, with an approximate correlation coefficient of 0.83. This fact suggests that

vanadium exhibits high mobility, readily migrating from soil to water environments. It is likely attributable to the element's solubility and the prevailing environmental conditions that facilitate its movement. Consequently, the concentration of V in soil can be used to predict its levels in water, thus making it a crucial variable in predictive modelling approaches.

In contrast, **iron** demonstrates a comparatively weaker correlation of approximately -0.22 between its soil and water concentrations. This weaker relationship indicates that iron's behavior is influenced by additional environmental factors, such as pH, redox conditions, and interactions with organic matter, which can cause it to precipitate or remain dissolved under different circumstances. Consequently, the use of concentration changes of Fe in soil as a predictor for its concentration in water may result in increased uncertainty unless additional chemical and environmental factors are taken into account.

Zinc exhibits a moderate correlation of approximately 0.30 between its soil and water concentrations. Zn is more mobile in water compared to iron and copper but is still influenced by factors like competing ions and sediment interactions. The relatively high correlation suggests that zinc in soil has a noticeable influence on its concentration in water, making it a useful predictor.

Conversely, **copper** exhibits the strongest correlation of around 0.80 between its soil and water concentrations. While the concentration of Cu in soil does influence its presence in water, its mobility is restricted by various factors, such as adsorption onto organic matter, low solubility, and interactions with sediments. These characteristics appear to limit its direct transfer from soil to water. Nevertheless, the presence of copper in soil can be utilized as an indicator of its concentration in water.

About extraneous factors, the impact of geographical location on metal concentrations in water is more substantial than that of season. The correlation between geographical location and vanadium in water is approximately 0.20, indicating that geographical location exerts an influence on the metal content of water bodies. This phenomenon may be attributed to variations in soil composition, industrial activities, or natural sources of these metals across different regions. The seasonal effect on metal concentrations in water is relatively weak, with correlation values mostly below 0.14. This finding suggests that seasonal changes alone do not significantly impact metal levels in water. It implies that other factors, such as soil composition, geological properties, and anthropogenic impact, may have a greater influence. Nevertheless, it is acknowledged that seasonal variations may still exert an influence on secondary processes, such as metal dissolution rates, precipitation, or biological uptake, and further investigation in this area is recommended.

Regression Model for Predicting Metal Concentrations in Water. To develop a predictive model for metal concentrations in water, a regression-based approach is implemented. The model aims to determine how metal concentrations in soil, along with seasonal and locational factors, influence the corresponding metal levels in water. Since vanadium, copper, and zinc show moderate to strong correlations between their

soil and water concentrations: these elements serve as key predictive variables. Iron, despite its weaker correlation, is still included in the dataset to evaluate its potential contribution. The dataset consists of independent variables, which include the concentrations of metals in soil, the season, and the place where the sample was collected. The dependent variables are the concentrations of these metals in water. Before training the model, the categorical variables for season and place are converted into numerical values using encoding techniques to ensure that the model can process them effectively.

To predict the concentration of metals in water based on soil data, a **polynomial regression model of degree 2** is used. This model accounts for both individual contributions of soil metal concentrations and their interactions, capturing nonlinear relationships that a simple linear model might miss. The general form of the polynomial regression equation is:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \cdot x_i \cdot x_j \quad (9)$$

where: y is the predicted metal concentration in water, β_0 is the intercept, x_i represents the independent variables (metal concentrations in soil, season, and place), β_i are the coefficients for each independent variable, representing their individual impact on y , β_{ij} are the coefficients for interaction terms, capturing relationships between different variables, n is the number of the independent variables (in our case $n = 6$).

Since we are applying this model to predict water concentrations for different metals, we can write separate equations for each metal:

A prediction model for vanadium in water

$$V_{water} = \beta_{00} + \sum_{i=1}^n \beta_{0i} \cdot x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{0ij} \cdot x_i \cdot x_j \quad (10)$$

A prediction model for iron in water

$$Fe_{water} = \beta_{10} + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} \cdot x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{1ij} \cdot x_i \cdot x_j \quad (11)$$

A prediction model for zinc in water

$$Zn_{water} = \beta_{20} + \sum_{i=1}^n \beta_{2i} \cdot x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{2ij} \cdot x_i \cdot x_j \quad (12)$$

A prediction model for copper in water

$$[Cu]_{water} = \beta_{30} + \sum_{i=1}^n \beta_{3i} \cdot x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{3ij} \cdot x_i \cdot x_j \quad (13)$$

The model's learned coefficients and intercepts, which define the impact of soil metal concentrations, season, and location on water concentrations, are summarized in Table 4. When applying polynomial feature transformation of degree 2, the number of features expands as follows:

6 original features remain; 6 squared terms (one for each original feature); 15 interaction terms; 1 bias term (intercept). The total number of functions becomes 28.

Table 4**Model coefficients**

N	Features (β)	V	Fe	Cu	Zn
1.	V_Soil	-2,93E-08	-6,57E-06	2,44E-08	4,30E-08
2.	Fe_Soil	-4,26E-06	-0,00018	-5,10E-06	-1,09E-05
3.	Cu_Soil	-1,07E-07	-1,98E-05	4,29E-08	6,48E-08
4.	Zn_Soil	1,06E-07	1,92E-05	-3,83E-08	-5,60E-08
5.	Season	-5,65E-09	-1,95E-06	1,23E-08	2,35E-08
6.	Place	-3,21E-09	-5,71E-07	1,01E-09	1,39E-09
7.	V_Soil^2	-1,95E-05	-0,00395	1,15E-05	1,92E-05
8.	V_Soil Fe_Soil	2,20E-07	3,83E-05	-7,64E-08	-1,56E-07
9.	V_Soil Cu_Soil	-1,47E-05	-0,00305	9,62E-06	1,63E-05
10.	V_Soil Zn_Soil	-2,63E-06	-0,00072	3,71E-06	6,88E-06
11.	V_Soil Season	-1,35E-06	-0,00033	1,48E-06	2,69E-06
12.	V_Soil Place	-7,75E-07	-0,00014	2,45E-07	3,39E-07
13.	Fe_Soil^2	-6,85E-10	-1,54E-07	6,36E-10	1,18E-09
14.	Fe_Soil Cu_Soil	2,14E-07	4,57E-05	-2,13E-07	-3,55E-07
15.	Fe_Soil Zn_Soil	2,17E-08	1,08E-05	-5,36E-08	-9,66E-08
16.	Fe_Soil Season	4,38E-07	9,21E-05	-5,41E-07	-8,49E-07
17.	Fe_Soil Place	-3,46E-07	-9,51E-05	4,83E-07	9,20E-07
18.	Cu_Soil^2	-6,75E-06	-0,00149	5,41E-06	9,47E-06
19.	Cu_Soil Zn_Soil	-1,40E-05	-0,00294	9,47E-06	1,61E-05
20.	Cu_Soil Season	-4,72E-07	-0,00011	4,18E-07	7,41E-07
21.	Cu_Soil Place	-5,70E-07	-8,81E-05	3,14E-08	-4,63E-08
22.	Zn_Soil^2	5,81E-06	0,000461	4,56E-06	1,02E-05
23.	Zn_Soil Season	-8,49E-07	-0,00023	1,17E-06	2,17E-06
24.	Zn_Soil Place	-7,59E-07	-0,00014	3,45E-07	5,41E-07
25.	Season^2	1,34E-08	-1,66E-06	4,10E-08	8,41E-08
26.	Season Place	3,15E-08	1,77E-06	3,30E-08	7,16E-08
27.	Place^2	-1,13E-07	-2,26E-05	6,40E-08	1,06E-07
28.	Intercept	-0,02282	1,138101	0,025563	0,068493

In order to assess the performance of the model, a number of error metrics are calculated, including Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE), and Root Mean Squared Error (RMSE) (see table 5). The trained regression models are employed to predict metal concentrations in water using the same dataset to further evaluate model accuracy. The results of this analysis are presented in Table 5, which shows the actual values, predicted values, and absolute errors for each metal.

Table 5

Error Metrics and Predicted Values of Metal Concentrations in Water

Chemical Element	MAE	MSE	RMSE	Actual Concentration	Predicted Concentration	Absolute Error
V	0,0072	0,0004	0,0191	0,007	0,0069	0,0001
Fe	1,8028	18,3392	4,2824	0,284	0,282	0,002
Cu	0,0136	0,0014	0,0368	0,07	0,07	~0
Zn	0,0203	0,0029	0,0538	0,023	0,0021	0,002

The absolute error provides insights into the deviation between actual and predicted values. A lower value indicates a better model fit. From the results, it is observed that while the model captures some relationships between soil and water metal concentrations, there are deviations in prediction accuracy, particularly for certain metals. These deviations highlight the need for further refinement, such as incorporating additional environmental factors like pH, water temperature, and soil composition.

As a future improvement, alternative regression techniques, including ridge regression, random forest regression, or neural networks, may be explored to enhance predictive accuracy. Additionally, feature selection methods can be used to determine the most influential variables, reducing noise and improving model performance. This machine learning approach provides a foundational step toward predicting metal concentrations in water based on soil data. With further optimization, it can be utilized for environmental monitoring and contamination assessment, helping identify potential water quality risks.

Conclusion

1. The order of abundance of chemical elements in soil ($\text{Fe} > \text{V} > \text{Cu} > \text{Zn}$) approximately corresponds to that in surface water ($\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{V}$), and these series are indicative of correlating between concentration metals in chain soil-surface water respectively.
2. The correlation between the concentrations of HMs in chain soil-irrigation water samples was estimated using the mathematical program. The results demonstrated a positive correlation between the concentrations of V, Cu, and Zn in water and soil samples. However, a negative correlation was observed between the concentrations of Fe in these samples. Specifically, the lowest recorded value is observed in the spring season.
3. It is observed that while the model captures some relationships between soil and water metal concentrations, there are deviations in prediction accuracy, particularly for certain HMs.

Acknowledgments/Funding: The work was supported by the Science Committee of RA, in the frames of the research project № 21T-2H216 “Assessment of geo-ecological risks of multi-component impact with technogenic contamination of natural soil zones

of RA and development of complex measures for their prevention”. The authors would like to express their gratitude to Mr. Khanamiryan Z.G. from the National Polytechnic University of Armenia for his technical assistance regarding the simulations performed in the PYTHON/Simulink.

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-55>

Bibliography

1. Blume H. P., Beyer L., Kalk E., Kuhn D. Weathering and Soil Formation. In: Beyer, L., Bölker, M. (eds) *Geocology of Antarctic Ice-Free Coastal Landscapes. Ecological Studies*, 2002, Vol. 154, Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56318-8_8.
2. Ćirić V., Prekop N., Šeremešić S., Vojnov B., Pejić B., Radovanović, D., Marinković, D. The implication of cation exchange capacity (CEC) assessment for soil quality management and improvement. *Agriculture and Forestry*, 2023, Vol. 69 (4), 113-133. DOI: 10.17707/AgricultForest.69.4.08.
3. Duckworth O. W., Heitman J. L., Polizzotto M. L. Soil Water: From Molecular Structure to Behavior. *Nature Education Knowledge*, 2014, Vol. 5 (8). <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/soil-water-from-molecular-structure-to-behavior-122155909/>.
4. Dutta S. K., Singh D., Sood A. Effect of Soil Chemical and Physical Properties on Sorption and Desorption Behavior of Lead in Different Soils of India. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 2011, Vol. 20 (3), 249-260. <https://doi.org/10.1080/15320383.2011.560979>.
5. Eyong M., Ofem K. Soil Mechanical Composition and Texture as Indices for On-site and Field Precise Choice of Land Use Type to Adopt. *Asian Soil Research Journal*, 2020, Vol. 4, 28-43. DOI:10.9734/asrj/2020/v4i330094.
6. Feng G., Zhou B., Yuan R., Luo Sh., Gai N., Chen H. Influence of soil composition and environmental factors on the adsorption of per- and polyfluoroalkyl substances: A review. *Science of The Total Environment*, 2024, Vol. 925, 171785. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171785>.
7. Haeruddin H., Soegianto A., Purwanti F., Rahman A., Payus C. M., Effendi H., Spatial Distribution and Pollution Assessment of Metals in Sediments of the Babon River, Central Java, Indonesia. *AACL Bioflux*, 2020, Vol. 13 (5), 2577-2587. <https://doi.org/10.1155/2024/2065513>.
8. ISO 5667-1:2006, Water quality-Sampling, Part 1: Guidance on the design of sampling programs and sampling techniques, 2006, 31 p.
9. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R., Taylor J. An introduction to statistical learning: With applications in python, Springer Nature, 2023, 596 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-38747-0>.
10. Kontogeorgis G. M., Holster A., Kottaki N., Tsochantaris E., Topsøe F., Poulsen J., Bache M., Liang X., Blom N. S., Kronholm J. Water structure, properties and some applications (a review). *Chemical Thermodynamics and Thermal Analysis*, 2022,

Vol. 6, 100053. <https://doi.org/10.1016/j.ctta.2022.100053>.

11. Kushnareva A.V., Bezuglova O.S. The influence of irrigation on soil properties. Review. *Living and bio-inert systems*, 2023, Vol. 46, 1-24. DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4.
12. Liu F., Weng X., Dai Q. Editorial: Secondary Pollution in the Environmental Pollution Control Process: Production, Environmental Risks and Reduction. *Frontiers in Environmental Chemistry*, 2022, Vol. 3, 874342. DOI: 10.3389/fenvc.2022.874342.
13. Montgomery D. C., Peck E. A., Vining G. G. Introduction to Linear Regression Analysis, John Wiley & Sons, 2011, 645 p.
14. Simonyan G. S., Pirumyan G. P. Determination of soil indicators in the agroecological monitoring system // Educational and methodological work, Yerevan, YSU Press, 2011, 44 p.
15. Smith P, Soussana JF, Angers D, Schipper L, Chenu C, Rasse DP, Batjes NH, van Egmond F, McNeill S, Kuhnert M, Arias-Navarro C, Olesen JE, Chirinda N, Fornara D, Wollenberg E, Álvaro-Fuentes J, Sanz-Cobena A, Klumpp K. How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. *Global Change Biology*, 2020, Vol. 26 (1), 219-241. DOI: 10.1111/gcb.14815.
16. Sukiasyan A. R. New approach to determining the environmental risk factor by the biogeochemical coefficients of heavy metals. *South of Russia: ecology, development*, 2018, Vol. 13 (4), 108-118. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-4-108-118.
17. Sukiasyan A. R., Kirakosyan A. A. Pirumyan G. P. Evaluation of Heavy Metal Pollution in the Vicinity of the Shnokh River by the Geoaccumulation Index. *Russian Journal of General Chemistry*, 2020, Vol. 90, 2659–2663. <https://doi.org/10.1134/S1070363220130204>.
18. Sukiasyan A. R., Kirakosyan A. A. Seasonal aspects of macro, trace, and ultra trace element changes in soils with different anthropogenic loads. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2024, Vol. 16 (2), 789–802. DOI: <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2024-16-2-789-802>.
19. Sukiasyan A. R., Simonyan G. S., Atoyants A. L, Avalyan R. E., Aghajanyan E. A., Jhangiryan T. A., Hunanyan S. A., Kirakosyan A. A. Assessment of geochemical properties and genotoxicity of soils by macro- and trace elements contained in them. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 2024, Vol. 25 (3), pp. 785-800.
20. Sukiasyan A., Kirakosyan A., Kroyan S., Gikas P. Influence of anthropogenic factors on pollution of arable soils and changes in the activity of enzymes in them. 1st International Conference on Sustainable Chemical and Environmental Engineering 31Aug - 04 Sep 2022, Rethymno, Crete, Greece. *Conference Proceedings*, pp. 550-556. <https://www.susteng.eu/p/proceedings>.
21. Sukiasyan A., Okolelova A., Jabbarov Z., Hovhannisyan A., Vardanyan V.,

- Kirakosyan A. Geoecological Aspects of Migration of Heavy Metals in Environment and Antioxidant Status of Plants. *Biogeosystem Technique*, 2021, Vol. 8 (2), 93-101. DOI: 10.13187/bgt.2021.2.93.
22. Tan X., Wu J., Wu M., Huang J., Tan B., Li L. Effects of ice cover on soil water, heat, and solute movement: An experimental study. *Geoderma*, 2021, Vol. 403, 115209. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115209>.
23. Thermo scientific sample collection and preparation tools for exploration and mining. [https://www.malvernpanalytical.com/en/assets/pn12871_le_sample_prep_of_geological_or_mining_and_other_inorganic_samples_tcm50-95064.pdf].

**Հող-ոռոգման ջրի համակարգում ծանր մետաղների
կոնցենտրացիաների սեզոնային փոփոխությունների հայտնաբերում՝
օգտագործելով մեքենայական ուսուցման մոտեցումները**

*Սուրբասյան Աստղիկ,
Շապյան Պատրիկ,
Կիրակոսյան Արմեն,
Ղազարյան Արմինե,
Մինոնյան Գևորգ*

Ամփոփում

Հանգուցային բառեր. *հող, ջուր, ծանր մետաղներ, բաշխվածություն, աղ-տոտվածություն, երկրաբնապահպանություն, էկոլոգիական շղթա, մոդելավորում, PYTHON/Simulink*

Էկոհամակարգի աղտոտվածության տարածաժամանակային փոփոխությունների կանխատեսման հավասարակշռված մոտեցման օգտագործումը հնարավորություն է տալիս գնահատել դրանց հնարավոր հետևանքները: Այս համատեքստում կարևոր դեր է խաղում շրջակա միջավայրում ծանր մետաղների կոնցենտրացիաների և հավանական միգրացիայի ուղիների ուսումնասիրությունը:

Այս աշխատանքի նպատակն էր, օգտագործելով ժամանակակից մեքենայական ուսուցման մոտեցումները, ուսումնասիրել որոշ ծանր մետաղների սեզոնային վարքագիծը հող-ոռոգում ջրային համակարգում: Ստացված արդյունքներով ցույց է տրվել, որ V, Fe, Zn և Cu մետաղների կոնցենտրացիաները ոռոգման ջրում և հողում տարվա տարբեր ժամանակաշրջաններում տարբեր են: Ջրի և հողի նմուշներում V, Cu և Zn-ի կոնցենտրացիաները դրականորեն փոխկապակցված են, մինչդեռ Fe-ի պարունակությունը բացասաբար է փոխկապակցված: Թվարկված մետաղներից ամենացածր բաշխման գործակիցը ունի Cu-ն, իսկ երկաթը՝ ամենաբարձր: Աշխատանքի կիրառական նշանակությունն ու նորույթը այն է՝ ցույց է տրվում, որ հող-ոռոգման ջրային համակարգում երկաթի, վանադիումի, պղնձի և ցինկի մետաղների բաշխման գործակիցները սեզոնային բնույթ ունեն: Ընդհանուր առմամբ ամենացածր արժեքը նկատվում է գարնանը: Մեքենայական ուսուցման մոտեցումը ցույց է տվել, որ ջրում մետաղների կոնցենտրացիայի վրա աշխարհագրական դիրքի ազդեցությունն ավելի մեծ է, քան սեզոնային փոփոխու-

թյունը: Սա դեռ կարող է ազդել երկրորդական գործընթացների վրա, ինչպիսիք են մետաղների տարրալուծման արագությունը և տեղումները: Աշխատանքի կիրառական նշանակությունն ու նորույթը պայմանավորված է նրանով, որ հող-ոռոգման համակարգում երկաթի, վանադիումի, պղնձի և ցինկի մետաղների բաշխման գործակիցները սեզոնային բնույթ ունեն:

Обнаружение сезонных изменений концентрации тяжёлых металлов в системе оросительной воды–почва с использованием подходов машинного обучения

Сукиасян Астгик,

Есаян Патрик,

Киракосян Армен,

Казарян Армине,

Симонян Геворг

Резюме

Ключевые слова: почва, вода, тяжелые металлы, распределение, загрязнение, геоэкология, экологическая цепь, моделирование, PYTHON/ Simulink

Применение сбалансированного подхода к прогнозированию пространственно-временных изменений загрязнения экосистем позволяет оценить их возможные последствия. В этом контексте важную роль играет изучение изменений концентрации и вероятных путей миграции тяжёлых металлов в окружающей среде. Целью данной работы было изучение сезонного распределения некоторых тяжёлых металлов в системе «почва-оросительная вода» с использованием современных подходов машинного обучения. Согласно полученным результатам, показано, что концентрации V, Fe, Zn и Cu в образцах оросительной воды и почвы варьируют в разное время года. При этом по концентрациям V, Cu и Zn в образцах воды и почвы наблюдается положительная корреляция, а по концентрации Fe – отрицательная. В основном, наименьшие значения наблюдаются весной, при этом наибольший коэффициент распределения наблюдается для железа, а наименьший – для меди. Метод машинного обучения показал, что влияние географического положения на концентрацию металлов в воде больше, чем влияние сезона. Это может влиять на вторичные процессы, такие как скорость растворения металлов и седиментация. Прикладная значимость и новизна работы обусловлена тем, что коэффициенты распределения металлов железа, ванадия, меди и цинка в почвенно-оросительной системе имеют сезонный характер.

Ներկայացվել է 29. 03. 2025 թ.

Գրախոսվել է 09. 04. 2025 թ.

Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025 թ.

Оценка антибактериальной активности сока и сиропа растения Бузины черной полученной из генеративных органов

*Варданын Заруи,
Овсепян Вардун,
Мхитарян Асмик*

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-68>

Ключевые слова: *Sambucus nigra L.*, антибактериальные свойства, *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, штамм, сок бузины, сироп бузины

Введение

В последние годы наблюдается всплеск исследований, касающихся изучения биологически активных веществ в растительном сырье. Современные исследования доказывают высокую эффективность применения комплексов биологически активных веществ растений при лечении различных заболеваний (в том числе трудно поддающихся лечению) синтетическими фармакотерапевтическими средствами [7]. В связи с приобретенной резистентностью возбудителей к антибиотикам, постоянно растет интерес к исследованиям противомикробных натуральных активных средств из растительного сырья.

В поисках новых антимикробных агентов внимание исследователей было обращено на использование продуктов растительного происхождения для использования антибактериальных эффектов, которыми они обладают [15].

Устойчивость к антибиотикам привела к острой необходимости разработки новых и инновационных противомикробных агентов [15], и среди потенциальных источников, растения, представляют собой хорошую альтернативу. На основе их использования в народной медицине были проведены многочисленные исследования по изучению антибактериальной активности лекарственных растений и растительного сырья [10]. Лекарственным растениям принадлежит ключевая роль в поддержании здоровья человека, они используются в системе традиционной медицины многих стран [3,8].

Лекарственные растения веками использовались во всем мире в качестве средств от микробных заболеваний, поэтому такие растения необходимо исследовать, чтобы лучше понять их свойства, безопасность и эффективность.

Один из источников биологически активных соединений является Бузина черная (*Sambucus nigra L.*) из рода *Sambucus*, потребление которых обеспечивает профилактику и терапию ряда заболеваний [6]. Бузина черная хорошо известное растение, способствующее лечению гриппа и простуды, проявляя противовирусные и антибактериальные активности [12].

Бузина содержит множество соединений, которые могут оказывать фармакологическую активность. Исследования показали, что ягоды бузины содержат различные соединения с высокой биологической активностью, такие как флавоноиды, проантоцианидины, антоцианы и фенольные кислоты [11,13], а также витамины,

минералы и углеводы. Химический состав плодов Бузины черной зависит от различных факторов, таких как сорт, условия окружающей среды (свет, температура, количество и частота осадков, использование удобрений, способы технологии выращивания), способ обработки и условия хранения. Спелые плоды бузины содержат углеводы, в том числе пищевые волокна, в основном гемицеллюлозы, полигалактуриновые кислоты, пектины и моносахариды [14]. В последние годы исследователи очень заинтересовались изучением стимулирующего действия на рост микроорганизмов в растительных экстрактах, которое связано с синтезом ими большого количества различных химических веществ: алкалоидов, терпеноидов, фенольных соединений, полисахаридов, витаминов и др

Согласно литературным данным, экстракты цветков и плодов черной бузины, ингибируют грамположительные (*S. aureus*, *B. cereus*) и грамотрицательные бактерии (*S. poona*, *P. aeruginosa*). Флавононы, флавонолы дигидрофлавонолы, присутствующие в плодах и цветках Бузины черной несут ответственность за их антимикробные свойства. Кроме того, они могут содержать лецитин, пептиды и олигосахариды, которые являются ингибиторами транскрипции и метаболизма бактериальных клеток [13].

По литературным данным жидкий экстракт бузины имеет антимикробные свойства в отношении патогенных бактерий у человека, а также вируса гриппа [3]. Эти свойства в основном приписываются фенольным соединениям, однако в жидком экстракте бузины чёрной могут присутствовать и другие защитные молекулы растений, такие как антимикробные пептиды (AMP). Пептидные экстракты из цветков *Sambucus nigra* L среди которых были идентифицированы богатые цистеином пептиды обладают антимикробной активностью против различных грамотрицательных бактерий. Показано, что *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas putida* и *Bacillus subtilis* очень чувствительны к экстрактам Бузины черной [4].

Исследования, проведенные на соке свежих и сушеных цветков и плодов растения Бузины, а также на растительном красителе, полученном из свежих плодов, показали, что сок плодов Бузины и растительный краситель, полученный из плодов, обладают более высокой антибактериальной активностью, чем сок цветов Бузины. Растительный краситель, полученный из плодов, проявляет высокую антибактериальную активность в отношении штаммов *E.coli*. [1].

Бузина черная широко распространена в Армении, но относительно мало изучена. Мало проведено исследований по изучению антибактериальных, биоэкологических свойств черной Бузины, его лечебного значения, а также механизмов получения натуральных красителей [2].

Целью настоящего исследования явилась оценка антимикробной активности водных растворов экстрактов Бузины черной, и растительного красителя, полученного из генеративных органов Бузины черной.

Материалы и методы исследования

Образцы черной бузины были собраны из лесных сообществ Гутаркского района Лорийской области Армении. Исследования были проведены на соке свежих и сушеных цветов и плодов бузины, а также на красителе, полученном из свежих фруктов. Были исследованы образцы, полученные под светом, в темноте, с содержанием сахара и без него. Изучено также влияние сахара и света на антибактериальную активность сока и красителя бузины черной.

Была выявлена антибактериальная активность следующих образцов

- сок бузины, настоянный при свете,
- сок бузины, с добавлением сахара настоянный при свете,
- сок бузины, настоянный в темноте,
- сок бузины, с добавлением сахара настоянный в темноте.

Антибактериальную активность определяли луночным методом [5], в качестве среды была выбрана среда Muller Hilton M173. Антибактериальная активность изучалась в отношении штаммов *E.coli* и *Staphylococcus aureus*. Эксперимент проводили с использованием 18-20-часовых культур бактериальных изолятов. Экстракты тестировали с использованием стерилизованных дисков из фильтровальной бумаги диаметром 5 мм. Диски пропитывали 10 мкл экстракта, сушили в ламинарном потоке и затем помещали на предварительно инокулированные чашки Петри. Затем инкубировали в течение 24 часов при температуре +37°C. Диски-фильтры, пропитанные 10 мкл этилового спирта или стерильной дистиллированной воды, использовали в качестве отрицательного контроля. После этой инкубации наблюдали диаметр зон ингибирования. Измерение проводили, начиная с нижней части бумажного диска или лунки до края ореола ингибирования. Все измерения были сделаны с точностью до целого миллиметра. Эксперимент проводился в трех повторях. Оценка антибактериальной активности определялась по диаметру ингибирования.

11-18 мм – умеренная,

20-27 мм – высокая,

28-30 мм – очень высокая

Результаты исследования и обсуждение.

Исследования влияния сока и сиропа Бузины черной полученных при свете, на рост бактерии *Staphylococcus aureus* луночным методом показали, что они не обладают антибактериальной активностью. Только сок бузины в количестве 100 мкл. проявлял временно умеренную антибактериальную активность (Таблица 1).

Таблица 1.

**Результаты антибактериальной активности сока Черной бузины (*Sambucus nigra* L.)
на рост бактерии *Staphylococcus aureus* луночным методом
на среде Muller Hinton M173**

N/N	Черная бузина	Зона ингибирования		
		30 мкл	50 мкл	100 мкл
1	сок бузины, настоянный при свете	0	0	18 мм временно
2	сироп бузины, настоянный при свете	0	0	0
3	сок бузины, настоянный в темноте	0	18 мм временно	16 мм временно
4	сироп бузины, настоянный в темноте	0	0	16 мм
5	сок цветков бузины	0	0	0
6	краситель, полученный из плодов бузины	0	0	16 мм

Как видно из таблицы 1 все исследованные образцы в количестве 30 мкл. и 50 мкл. не проявляли антибактериальную активность в отношении *Staphylococcus aureus*. Только сок бузины черной, настоянный в темноте, проявил временную умеренную антибактериальную активность в количестве 50 мкл. Добавление сахара способствовала усилению антибактериальной активности сиропа Бузины черной, которое в количестве 100 мкл. проявил умеренную антибактериальную активность. Умеренную антибактериальную активность в количестве 100 мкл проявил также краситель, полученный из бузины.

По литературным данным стимулирующее действие на рост микроорганизмов в растительных экстрактах связано содержанием в них фенольных соединений [11]. Фенольные соединения окисляются на свету, что приводит к более низкому содержанию флавоноидов в растениях [16]. Этим можно и объяснить, что сок и сироп бузины, настоянные в темноте, проявили умеренную антибактериальную активность по сравнению с образцами, настоянными на свету.



**Фото 1. Результаты антибактериальной активности сиропа
черной бузины на рост бактерии *Staphylococcus aureus***

Бузина является потенциальным источником натуральных пищевых красителей из-за большого количества антоцианов, чем объясняется антибактериальная активность красителя, полученного из бузины.

Результаты образцов Бузины черной на рост бактерии *E.coli* показали, что-сок и сироп проявляют антибактериальную активность в разной степени (таблица 2).

Таблица 2.

Результаты антибактериальной активности Черной бузины (*Sambucus*) на рост бактерии *E.coli* луночным методом на среде Muller Hinton M173

N/N	Черная бузина	Зона ингибирования		
		30 мкл	50 мкл	100 мкл
1	сок бузины, настоянный при свете	0	16 мм	18 мм
2	сироп бузины, настоянный при свете	0	0	17 мм
3	сок бузины, настоянный в темноте	0	16 мм	20 мм
4	сироп бузины, настоянный в темноте	17 мм	22 мм	25 мм
5	сок цветков	0	0	14мм
6	краситель, полученный из плодов бузины	19 мм	21 мм	27 мм

Как видим из таблицы сироп бузины, настоянный в темноте уже в количестве 30мкл проявил умеренную, а в количестве 50 мкл. уже высокую антибактериальную активность на рост бактерии *E.coli*. (диаграмма 1) .

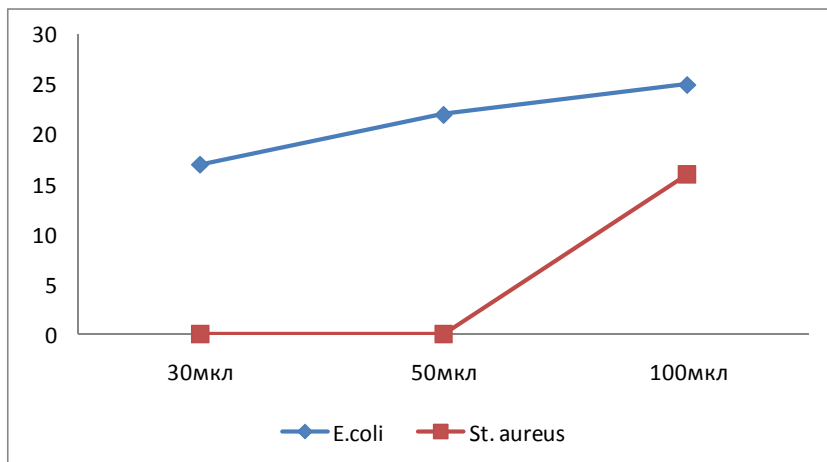


Диаграмма 1. Сравнительная оценка антибактериальной активности сока бузины с добавлением сахара настоянный в темноте на рост бактерий *E.coli* и *St. aureus*

При сравнении антибактериальной активности образцов сиропа, настоянных и в темноте и свете, можно с уверенностью сказать, что влияние света приводит к снижению антибактериальной активности сиропа бузины, так как сироп бузины, настоянный на свете умеренную антибактериальную активность, проявил в количестве 100 мкл. Похожие данные были получены при исследовании образцов сока. Образцы сока, настоянные в темноте, проявили высокую антибактериальную активность в количестве 100 мкл. Сок цветков бузины проявил умеренную антибактериальную активность только при количестве 100 мкл (фото 2).

Краситель, полученный из плодов бузины уже в количестве 50 мкл. проявил высокую антибактериальную активность.

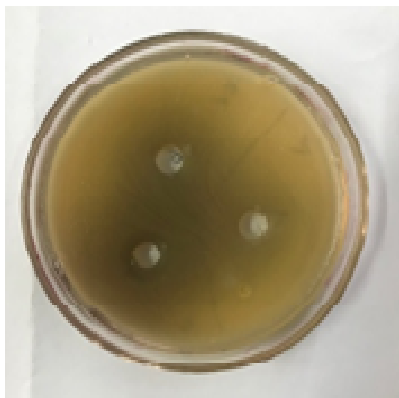


Фото 2. Результаты антибактериальной активности сиропа

Черной бузины на рост бактерии *E.coli*

Сравнение антибактериальной активности образцов бузины на рост *E.coli* и *Staphylococcus aureus* показало, что сироп бузины, настоянный в темноте и краситель, полученный из плодов Бузины обладают высокой антибактериальной активностью на рост *E.coli* и умеренной на рост *Staphylococcus aureus*. Сок цветков бузины не влияет на рост *Staphylococcus aureus*, но обладает умеренной активностью по отношению *E.coli* (таблица 3.)

Как видим из таблицы 3, образцы бузины проявляют более высокую антибактериальную активность в отношении *E.coli* чем в отношении *Staphylococcus aureus*.

Таблица 3.

**Результаты сравнения антибактериальной активности Черной бузины
на рост бактерии *E.coli* и *Staphylococcus aureus* луночным методом
на среде Muller Hinton M173**

N/N	Черная бузина	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>E.coli</i>
1	сок бузины, настоянный при свете	+ временно	+
2	сироп бузины, настоянный при свете	-	+
3	сок бузины, настоянный в темноте	+ временно	++
4	сироп бузины, настоянный в темноте	+	++
5	сок цветков	-	+
6	краситель, полученный из плодов бузины	+	++

- не обладает

+ умеренная,

++ высокая,

Закключение.

Таким образом, образцы Бузины проявляют более высокую антибактериальную активность в отношении *E.coli*, чем в отношении *Staphylococcus aureus*. Влияние света приводит к снижению антибактериальной активности сока и сиропа бузины. Из исследованных образцов сироп бузины, настоянный в темноте и краситель, полученный из плодов Бузины обладают высокой антибактериальной активностью на рост *E.coli* и умеренной на рост *Staphylococcus aureus*.

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-68>

Литература

1. Варданян З., Григорян К., Овсепян В. Исследование антибактериальных свойств сока растения Бузины черной полученной из генеративных органов //ВГУ, Научные ведомости, Выпуск Б, 1, Ереван, 2021, 69-79 с.
2. Варданян З., Байрамян Л., Саакян Г., Мхитарян А. Способ приготовления настойки из растения Бузины черной. RU2597286, C12G 3/06,2006.
3. Alvarez C. A., Barriga A., Albericio F., Romero M. S., Guzmán Fanny, Identification of Peptides in Flowers of Sambucus nigra with Antimicrobial Activity against Aquaculture Pathogens, //Journal List, Molecules, v.23(5), 2018, p. 1033-1044.
4. Cioch M., Satora P., Skotniczny M., Semik-Szczurak D., Tarko T., Characterisation of Antimicrobial Properties of Extracts of Selected Medicinal

- Plants// Polish Journal of Microbiology, Vol. 66, No 4, 2017, p. 463-472.
5. CLSI, Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests, Approved Standard, 7th ed., CLSI document M02-A11. Clinical and Laboratory Standards Institute, 950 West Valley Road, Suite 2500, Wayne, Pennsylvania 19087, USA, 2012.
 6. Costa P.C., Patinha S., Rudnitskaya A., Santos S.A., Silvestre A.J.D., Rocha S.M. Sustainable Valorization of *Sambucus nigra* L. Berries: From Crop Biodiversity to Nutritional Value of Juice and Pomace, //Biodiversity to Nutritional Value of Juice and Pomace. Foods, 11, 2022, p. 104.
 7. Daglia M. Polyphenols as antimicrobial agents, //Current Opinion in Biotechnology 23 (2), 2012, pp. 174-181.
 8. Djeuss D., Noumedem J., Seukep J., Fankam A., Voukeng I., Tankeo S., Nkuete A., Kuete V. Antibacterial activities of selected edible plants extract against multidrug-resistant. Gram-negative bacteria //BMC Complementary and Alternative Medicine 13, 2013, 164 p.
 9. Hearst C., McCollum G., Nelson D., Ballard L.M., Millar B.C., Goldsmith C.E., Rooney P.J., Loughrey A., Moore J.E., Rao J.R. Antibacterial activity of elder (*Sambucus nigra* L.) flower or berry against hospital pathogens // J. Med. Plant Res, 4, 2010, p.1805–1809.
 10. Hemaiswarya S., Kruthiventi A., Doble M. Synergism between Natural Products and Antibiotics against Infectious Diseases //Phytomedicine 15, 2008, p. 639-652.
 11. Ho G.T.T., Wangensteen H., Barsett H. Elderberry and elderflower extracts, phenolic compounds, and metabolites and their effect on complement, RAW 264.7 macrophages and dendritic cells. // Int. J. Mol. Sci, Volume 18, Issue 3, 2017, 584 p.
 12. Kong F. Pilot clinical study on a proprietary elderberry extract: efficacy in addressing influenza symptoms. //J Pharmacol Pharmacokinet, 5, 2009, p. 32–43.
 13. Sidor A., Gramza-Michalowska A. Advanced research on the antioxidant and health benefit of elderberry (*Sambucus nigra*) in food // J. Functional Foods, 18, 2015, p. 941–958.
 14. Veberic R., Jakopic J., Stampar F., Schmitzer V. European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols // Food Chem., 114, 2009, p. 511–515.
 15. Voon H. C., Bhat R., Gulam R., Flower Extracts and Their Essential Oils as Potential Antimicrobial Agents, // Comprehensive Rev in Food Science and Food Safety, 11 (1), 2012, p. 34-55.
 16. Zhivetev M.A., Rudicovskaya E.G. etc. Dynamics of Vitamins and Phenols of *Alchemilla subcrenata* by Diurnal Variation of Temperature in October // Jornal of Stress Physiology & Biochemistry, №1, 2016, p. 21–30.

Գեներատիվ օրգաններից ստացված թանթրվենի սև բույսի հյութի և օշարակի հակաբակտերիալ ակտիվության գնահատում

**Վարդանյան Զարուհի,
Հովսեփյան Վարդուհի,
Մխիթարյան Հասմիկ**

Ամփոփում

Հանգուցային բառեր: *Sambucus nigra L.*, *հակաբակտերիալ հատկություններ, E.coli, Staphylococcus aureus*, շտամ, թանթրվենու հյութ, թանթրվենու օշարակ

Վերջերս աճում է բուսական հումքից բնական հակամանրէային ակտիվ նյութերի ուսումնասիրությունների վերաբերյալ հետաքրքրությունը: Հակաբիոտիկների նկատմամբ կայունությունը հանգեցրել է նոր հակամանրէային նյութերի մշակման հրատապ անհրաժեշտությանը, և բնական աղբյուրներից բույսերը կարող են համարվել որպես լավ այլընտրանք: Կենսաբանորեն ակտիվ միացությունների աղբյուրներից մեկն է *Sambucus* ցեղից թանթրվենի սև տեսակը (*Sambucus nigra L.*):

Թանթրվենի սև տեսակի հյութի և օշարակի նմուշները, որոնք պահվել են մութ պայմաններում, ցուցաբերել են չափավոր հակաբակտերիալ ակտիվություն *Staphylococcus aureus* բակտերիայի շտամների վրա 50 մկլ քանակությունից սկսած: Թանթրվենու հյութը ցուցաբերում է չափավոր հակաբակտերիալ, իսկ օշարակը՝ բարձր հակաբակտերիալ ակտիվություն *E.coli* բակտերիայի աճի վրա:

Թանթրվենու նմուշները ցուցաբերում են ավել բարձր հակաբակտերիալ ակտիվություն *E.coli* նկատմամբ, քան *Staphylococcus aureus* նկատմամբ: Լույսի ազդեցությունը բերում է հյութի և օշարակի հակաբակտերիալ ակտիվության իջեցման: Ուսումնասիրված նմուշներից թանթրվենու օշարակը, թրմված մթության մեջ և ներկանյութը ստացված թանթրվենու պտուղներից օժտված են բարձր հակաբակտերիալ ակտիվությամբ *E.coli* և չափավոր *Staphylococcus aureus* վրա:

The Evaluation of the Antibacterial Activity of the Juice and Syrup of the Black Elderberry Plant Obtained from the Generative Organs

*Vardanyan Zaruhi,
Hovsepyan Varduhi,
Mkhitaryan Hasmik*

Summary

Key words: *Sambucus nigra L., anti-bacterial properties, E.coli, Staphylococcus aureus, strain, elderberry juice, elderberry syrup*

Recently, there has been a growing interest in the development of studies of natural antimicrobial active agents from plant raw materials. Antibiotic resistance has led to an urgent need to develop new and innovative antimicrobial agents and among potential sources, plants can be considered as a good alternative. One of the sources of biologically active compounds is Black Elderberry (*Sambucus nigra L.*) from the *Sambucus* genus. Studies of the Black Elderberry juice and syrup obtained infused in the dark showed a temporary moderate antibacterial activity in the amount of 50ml on the growth of the bacterium *Staphylococcus aureus*. Elderberry juice has a moderate antibacterial activity, and the syrup has even higher antibacterial activity on the growth of *E.coli* bacteria. Elderberry samples show higher antibacterial activity against *E. coli* than against *Staphylococcus aureus*. The influence of light leads to a decrease in the antibacterial activity of elderberry juice and syrup. Of the studied samples, elderberry syrup infused in the dark and the dye obtained from elderberries show high antibacterial activity on the growth of *E. coli* and moderate activity on the growth of *St. aureus*.

Ներկայացվել է 29. 03. 2025 թ.
Գրախոսվել է 15. 04. 2025 թ.
Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025թ.

**Վանաձոր քաղաքի հարակից տարածքներում աճող
վայրի ուտելի որոշ բույսերում քլորոֆիլների և կարոտինոիդների
կոնցենտրացիաների որոշում**

**Վարդանյան Զարուհի,
Ղազարյան Արմինե**

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-78>

Հանգուցային բառեր. բուսական գունակներ, քլորոֆիլի օպտիկական խտություն, գունակների կոնցենտրացիա, բուսական մզվածք, լույսային ալիքի երկարություն, լույսի քվանտ, քլորոֆիլի սպիրտային լուծույթ

Ներածություն

Կենսաբանական գունակները (բիոքրոմները) – գունանյութեր են, որոնք մտնում են օրգանիզմների **հյուսվածքների** բաղադրության մեջ: Գունակների գույնը որոշվում է նրանց **մոլեկուլներում գունակիրների** առկայությամբ, որոնք ընտրողական կերպով կլանում են արեգակնային լույսի **տեսանելի սպեկտրի** ճառագայթները: Կենսաբանական գունակները կարևոր դեր են խաղում կենդանի էակների կենսագործունեության մեջ: Այդ գունակներից են քլորոֆիլները, անտոցիանները, կարոտինոիդները, ֆիկոբիլինները և այլն [2; 17]: Բուսական հյուսվածքներում գունակների՝ քլորոֆիլների և կարոտինոիդների առաջացումը օրգանական բնության ծագման պատմության ընթացքում եղել է խոշորագույն արոմորֆոզ, քիմիական և ապա նաև կենսաբանական էվոլյուցիայի բարձրագույն արդյունք: Գորշ, կապտականաչ, դիատոմային ջրիմուռների տարբեր տեսակների վրա կատարված բազմաթիվ հետազոտություններով ցույց է տրվել, որ կարոտինոիդները և ֆիկոբիլինները ֆոտոսինթեզի ակտիվ մասնակիցներ են (Էմիրսոնի և Լուիսի, Մոնֆորդի, Քերստենի, Ֆրենչի և այլոց աշխատանքները) [5]:

Գունակների օպտիկական հատկությունները որոշվում են դրանց քիմիական կառուցվածքի առանձնահատկություններով: Քլորոֆիլների և կարոտինոիդների մոլեկուլներում գոյություն ունի զուգակցված (կոնյուգացված) կրկնակի կապերի համակարգ: Համակարգի կմախքը կազմված է ածխածնի ատոմներից փոխկապակցված պարզ (երկէլեկտրոնային) կովալենտային կապերով՝ σ -էլեկտրոններ: Բացի σ -էլեկտրոններից, կրկնակի կապերի առաջացմանը մասնակցում են երկու π -էլեկտրոններ: Նման համակարգերում π -էլեկտրոնները կապված չեն ածխածնի հատուկ ատոմների հետ, ուստի՝ նրանք կարող են շարժվել ամբողջ մոլեկուլով՝ ձևավորելով տեղայնացված էլեկտրոնային ամպ: π -էլեկտրոնների գրգռումը կարող է իրականացվել տեսանելի լույսի քվանտների շնորհիվ [9, 16]:

Գրականության վերլուծությունից երևում է, որ արտասահմանյան և հայրենական շատ գիտնականներ ուսումնասիրել են քլորոֆիլների և կարոտինոիդների կոնցենտրացիան ու պարունակությունը բուսական հյուսվածքներում: Հետազոտվել է քլորոֆիլի կոնցենտրացիան և պարունակությունը ավելուկ սովորական և Թանթրվենի սև բույսերի տերևի հյուսվածքներում, ստացված տվյալները համեմատվել են միմյանց հետ [7]: Որոշվել է նաև որոշ վայրի ուտելի բույսերի ցողու-

նում քլորոֆիլի կոնցենտրացիան, գնահատվել է դրանցում ֆոտոսինթեզի ինտենսիվությունն ըստ քլորոֆիլի կոնցենտրացիայի [11]: Հեղինակների մեկ այլ խմբի կողմից ուսումնասիրվել է Լոռու և Տավուշի մարզերում աճող որոշ բույսեր տերևի հյուսվածքներում քլորոֆիլի կոնցենտրացիայի և պարունակության կախվածությունը աճելավայրի պայմաններից [8]:

Կատարվել են հետազոտություններ որոշ արևադարձային բույսերի պտուղներում և համեմունքային բույսերում կարոտինոիդների կոնցենտրացիան և պարունակության վերաբերյալ [6; 10; 22]:

Կանաչ բույսերի տերևներում քլորոպլաստների գունակների այդ մեծ խմբի ֆիզիոլոգիապես առավել ակտիվ բաղադրիչներն են α - և β - կարոտինները, ինչպես նաև նրանց թթվածին պարունակող ածանցյալները՝ քսանտոֆիլները, որոնց նույնպես կարոտինոիդներ են անվանում: Իբրև լրացուցիչ գունակներ՝ նրանք լույսի էներգիան կլանում և փոխանցում են քլորոֆիլ a -ին: Մթության մեջ բույսերի հյուսվածքներում կարոտինոիդների սինթեզն ավելի ակտիվ է ընթանում, իսկ լույսի տակ ճնշվում է [2; 5; 21]:

Կարոտինոիդների նոսր լուծույթներն ունեն բաց դեղին, նարնջագույն կամ բաց կարմիր երանգավորում: Խիտ լուծույթներն ունեն նարնջագույնից մինչև մուգ կարմիր գույն [2, 111-114; 5]:

Ըստ մի շարք հետազոտությունների արդյունքների՝ կարոտինոիդներն ունեն որոշակի դեր բույսերի ծաղկման շրջանում, դրանց քանակը համեմատաբար շատ է լինում վարսանդի սպիում և փոշեհատիկներում: Այդ ընթացքում կարոտինոիդների պարունակությունը տերևներում մասամբ նվազում է, իսկ փոշանոթներում և պսակաթերթերում՝ ավելանում [14]:

Կարոտինոիդները կարևոր նշանակություն ունեն մարդու օրգանիզմի ջրային հավասարակշռությունը պահպանելու տեսակետից: Ա վիտամինը մեր օրգանիզմը ձեռք է բերում կարոտինոիդների վերափոխակերպման արդյունքում: Օրական 6 մգ-ից պակաս կարոտինոիդներ օգտագործելու պարագայում մոտ երկու անգամ մեծանում է ուռուցքային հիվանդությունների զարգացման ռիսկը [26]:

Կարոտինոիդներն ունեն հակաուռուցքային, հակատոքսիկ, իմունոմոդուլյար ազդեցություն, և խորհուրդ է տրվում նրանց կիրառությունը կլինիկայում չարորակ գոյացությունների կոմբինացված բուժման ժամանակ որպես իմունոկարգավորիչներ [20]:

Ֆ. Խաչիկի (Frederick Khachik) կողմից իրականացված հետազոտությունները ցույց են տվել, որ կարոտինոիդների հավելումը սննդի մեջ կարևոր նշանակություն ունի հիվանդությունների կանխարգելման համար [19]: Կարոտինոիդները ազդեցություն են ունենում նաև բջիջներում խոլեսթերինի փոխանակություն կարգավորման վրա [15]:

Կարոտինոիդները ունեն հակաօքսիդանտային ակտիվություն և ազդում են բջիջների թաղանթների վրա [25]: Նրանք մասնակցում են բջջաթաղանթում սպիտակուցների կառուցվածքի մոդիֆիկացիային և ազդակների ընդունմանը [16; 17]:

Կարոտինոիդների ունեն խթանողազդեցություն իմունային համակարգի և ընկճող ազդեցություն ուռուցքների վրա [18; 23; 24] :

Հայաստանի Հանրապետությունում ևս կատարվել են հետազոտություններ կարոտինոիդների քանակական և որակական որոշ հատկանիշների ուսումնասիրման ուղղությամբ: Կատարվել են հետազոտություններ որոշ արևադարձային պտուղներում և որոշ համեմունքային բույսերում կարոտինոիդների պարունակության մասին [10; 22]:

Նյութը և մեթոդը

Գիտական և գործնական տեսանկյունից արժեքավոր են այն գիտական ուսումնասիրությունները, որոնք վերաբերում են որոշ վայրի ուտելի բույսերում գունակների կոնցենտրացիայի և պարունակության որոշմանը:

Գրականության վերլուծությունից երևում է, որ արտասահմանյան և հայրենական շատ գիտնականներ ուսումնասիրել են կարոտինոիդների պարունակությունը վայրի աճող ուտելի բույսերում, հետազոտել են դրանց նշանակությունը մարդու օրգանիզմի առողջության համար [19-22]:

Մեր կողմից իրականացվել է Լոռու մարզի Վանաձոր քաղաքի հարակից վայրի բնությունում աճող որոշ վայրի ուտելի բույսերի տերներում և ցողունում կարոտինոիդների կոնցենտրացիայի ուսումնասիրություն, որոնք ներառված են Լոռու մարզի բնակիչների սննդաբաժնում՝ ուրց սողացող (*Thymus serpyllum* L.), անանուխ հասկիկավոր (*Mentha viridis* L.), մայրամախոտ սպիտակ (*Teucrium polium* L.), ծիծեռնախոտ մեծ (*Chelidonium majus* L.), եղինջ երկտուն (*Urtica dioica* L.), սինդրիկ սովորական (*Polygonatum odoratum* (Mill) Druce), ծնեբեկ դեղատու (*Asparagus officinalis* L.), նեխուր բուրավետ (*Apium graveolens* L.), բալդրդան սովորական (*Heracleum sosnowskyi*), շուշանբանջար սոխուկավոր (*Chaerophyllum bulbosum* L.):

Գաղտնիք չէ, որ Լոռու մարզում ազգաբնակչության շրջանում ընդունված է սննդում օգտագործել վայրի բույսեր: Հատկապես զարնանը՝ բույսերի ինտենսիվ աճման ու զարգացման շրջանում, այդ բույսերի կիրառման հաճախականությունը զգալի մեծանում է: Ուստի, կարևորվում են Լոռու մարզում աճող վայրի ուտելի բույսերում քլորոֆիլի և կարոտինոիդների կոնցենտրացիայի և պարունակության ուսումնասիրությունները, հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ բուսական այդ գունակների քանակի բացահայտումը նշանակալից կլինի մարդու օրգանիզմի վրա սննդում կիրառվող բույսերի օգտակարության գնահատման հարցում:

Փորձանմուշները վերցրվել են Հայաստանի Հանրապետության Լոռու մարզի Վանաձոր քաղաքի հարակից տարածքներից:

Աղյուսակ 1-ում բերված են հետազոտվող տարածքների հիմնական կլիմայական ցուցանիշները [3-4]:

**Վանաձոր քաղաքի հետազոտված տարածքների կլիմայական
որոշ ցուցանիշների բնութագիրը**

Վայր	Ծովի մակար- դակից բացար- ձակ բարձ- րություն (մ)	Օդի առավե- լագույն բացար- ձակ ջերմաս- տիճան (°C)	Օդի տարե- կան միջին ջերմաս- տիճան (°C)	Արևափ այլի տևողությ ունը (ժ)	Օդի բացար- ձակ նվազա- գույն ջերմաս- տիճանը (°C)	Մթնո- լորտա- յին տեղում- ների տարե- կան միջին քանակ	Քամու տարե- կան միջին արագու- թյունը (մ/վրկ)
Վանա- ձոր	1350	36	7.4	2011	-32	586	1.7

Գունակների՝ քլորոֆիլների և կարոտինոիդների կոնցենտրացիան որոշվել է օպտիկական խտության միջոցով՝ սպիրտային և ացետոնային լուծույթների կիրառմամբ [12]: Բուսանմուշների քլորոֆիլի լուծույթները պատրաստվել են բույսերի ֆիզիոլոգիական հետազոտություններում կիրառվող մեթոդներով [1; 12]:

Գունակների օպտիկական խտությունը որոշվել է սպեկտրոֆոտոմետրի (*UV-Vis SPECTROPHOTOMETER SL150*) միջոցով քլորոֆիլը 665 նմ և 649 նմ, իսկ կարոտինոիդը՝ 452,5 նմ երկարության ալիքի տակ [12]: Սպեկտրոֆոտոմետրիա-
կան անալիզը տեքնիկներում գունակների որոշման համեմատաբար ավելի ճիշտ քանակական մեթոդ է:

Մզվածքի խտությունը սպեկտրոֆոտոմետրի վրա որոշում են a և b քլորոֆիլի կոդմից սպեկտրի կլանման առավելագույն տիրույթում՝ սպեկտրի կարմիր հատվածում, իսկ կարոտինոիդների դեպքում աբսորբցիոն առավելագույն ալիքի տակ: Հետազոտվող բույսերի ցողունում և տերևներում գունակների կոնցենտրացիան որոշելու համար վերցվել են 0,3 գ զանգվածով հետազոտվող բույսի թարմ հյուսվածքներ: Բուսական հյուսվածքներից պատրաստվել է քլորոֆիլի սպիրտային լուծույթ՝ 96 %-ոց սպիրտով [1, 50-52]:

Գունակների կոնցենտրացիան ըստ օպտիկական խտության ցուցանիշների որոշվել է ըստ հետևյալ բանաձևի [12, 43].

$$C_a = 13,70 \cdot D_{665} - 5,76 \cdot D_{649} \quad (1)$$

$$C_b = 25,8 \cdot D_{649} - 7,60 \cdot D_{665} \quad (2)$$

Քլորոֆիլ C_a -ի և քլորոֆիլ C_b -ի գումարը որոշվել է ըստ Ռեբբելենի բանաձևի [12, 43].

$$C_a + C_b = 6,10 \times D_{665} + 20,04 \times D_{649} \quad (3)$$

Կարոտինոիդների կոնցենտրացիան որոշվել է Վետտշտեյնի բանաձևով. [27]

$$C_{car} = 4.75 \times D_{452.5} - 0.226 \times C_a + C_b \quad (4)$$

Փորձերը կատարվել են Վանաձորի պետական համալսարանի Բնագիտական համալիր լաբորատորիայում: Ստացված արդյունքները ենթարկվել են մաթեմատիկական վիճակագրական վերլուծության: Տվյալների մաթեմատիկական մշակումը իրականացվել է դիսպերսիոն վերլուծության մեթոդով (փորձի սխալի (S_x) %) [13]:

Փորձեր և արդյունքներ

Նախապես Վանաձոր քաղաքի հարակից վայրի բնությունից հավաքվել են տասը տեսակի վայրի ուտելի և համեմունքային բույսերի՝ *Thymus serpyllum* L., *Mentha viridis* L., *Teucrium polium* L., *Chelidonium majus* L., *Urtica dioica* L.), *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce), *Asparagus officinalis* L.), *Apium graveolens* L., *Heracleum sosnowskyi*, *Chaerophyllum bulbosum* L., ցողուն և տերևներ որպես փորձանմուշներ: Հավաքված բույսերի ցողունների և տերևների հյուսվածքներում որոշվել է գունակների կոնցենտրացիան:

Վանաձոր քաղաքի հարակից վայրի բնությունից հավաքված բույսերի ցողուններում և տերևներում գունակների կոնցենտրացիայի որոշման արդյունքները բերված են թիվ 2 աղյուսակում:

Հետազոտված բույսերի փորձանմուշներում ստացված տվյալները համեմատելիս յուրաքանչյուր դեպքի համար վերցվել են այն փորձանմուշների տվյալները, որոնցում գունակի կոնցենտրացիան եղել է առավելագույնը:

Ըստ աղյուսակ թիվ 2-ի, հետազոտված բույսերում քլորոֆիլ a-ի ամենաբարձր կոնցենտրացիան գրանցվել է սինդրիկ սովորական բույսի ցողունում՝ 7.4093մգ/լ, իսկ բալդրդան սովորական բույսում 6.9324 մգ/լ տերևներում:

Ըստ հետազոտված բույսերի ցողունում քլորոֆիլ a-ի գրանցված տվյալների՝ կազմվել է հետազոտված բույսերի շարք.

Polygonatum odoratum (Mill) Druce>*Thymus serpyllum* L.>*Heracleum sosnowskyi*>*Chaerophyllum bulbosum* L.>*Chelidonium majus* L.)>*Apium graveolens* L.)>*Mentha viridis* L.)>*Asparagus officinalis* L.)>*Teucrium polium* L.>*Urtica dioica* L.

Բույսերի շանքից երևում է, որ քլորոֆիլ a-ի նվազագույն կոնցենտրացիա ցողունում գրանցվել է եղինջ երկտուն բույսում, որը 1.67 անգամ քիչ է սինդրիկ սովորական բույսի ցողունում քլորոֆիլ a-ի կոնցենտրացիայից:

Փորձանմուշների տերևներում քլորոֆիլ a-ի ամենաբարձր կոնցենտրացիան որոշվել է բալդրդան սովորական (*Heracleum sosnowskyi*) բույսում՝ 6.9324 մգ/լ, իսկ ամենացածրը՝ մայրամախոտ սպիտակ (*Teucrium polium* L.) բույսում՝ 5.422 մգ/լ, այսինքն՝ գրեթե 1.278 անգամ քիչ:

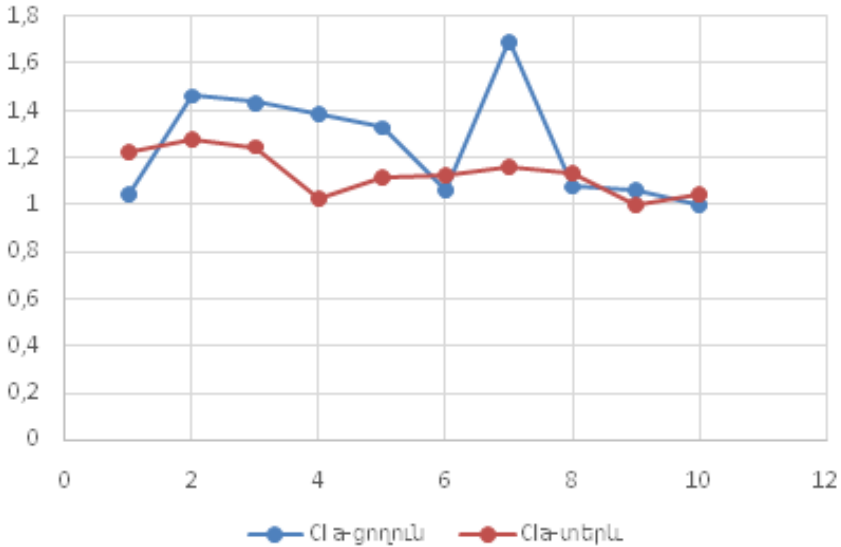
Ըստ փորձանմուշների՝ տերևներում քլորոֆիլ a-ի կոնցենտրացիայի կազմվել է բույսերի շարք.

Heracleum sosnowskyi>*Mentha viridis* L. >*Polygonatum odoratum* (Mill) Druce)>*Apium graveolens* L.>*Chaerophyllum bulbosum* L.>*Chelidonium majus* L.>*Urtica dioica* L.>*Asparagus officinalis* L.>*Thymus serpyllum* L.>*Teucrium polium* L.:

**Քլորոֆիլների և կարոտինոիդների կոնցենտրացիան Վանաձորում աճող
հետազոտվող բույսերի տերևներում և ցորեններում**

Բույսի տեսակ	Բույսի օրգան-ները	Գունակների օպտիկական խտությունը տարբեր երկարության ալիքի տակ (նմ)		Ca մգ/լ	Cb մգ/լ	Ccar մգ/լ
		D _{652.5}	D ₆₆₉			
Ուրց սղազող (<i>Thymus serpyllum</i> L.)	ցորեն	1.274	0.952	7.093 ± 0.23	17.5848 ± 1.17	0.0225 ± 0.09
	տերև	1.268	0.794	5.66 ± 0.21	14.808 ± 0.13	1.3971 ± 0.11
Մայրամախտ ալիսակ (<i>Teucrium polium</i> L.)	ցորեն	1.126	0.712	5.0505 ± 0.18	13.0648 ± 0.32	1.1616 ± 0.16
	տերև	1.127	0.726	5.422 ± 0.20	13.4032 ± 0.25	0.346 ± 0.21
Ծնեթև դեղատու (<i>Asparagus officinalis</i> L.)	ցորեն	1.130	0.743	5.1596 ± 0.26	13.933 ± 0.33	1.0526 ± 0.23
	տերև	1.131	0.756	5.6876 ± 0.29	13.4772 ± 0.36	0.9377 ± 0.33
Անամուխ հասկի կավոր (<i>Mentha viridis</i> L.)	ցորեն	1.307	0.898	5.3354 ± 0.31	17.3392 ± 1.02	1.0838 ± 0.41
	տերև	1.312	0.912	6.7344 ± 0.42	16.8796 ± 0.98	0.8952 ± 0.38
Նվխար բուրավետ (<i>Apium graveolens</i> L.)	ցորեն	1.125	0.718	5.5639 ± 0.53	13.1436 ± 0.97	1.1159 ± 0.92
	տերև	1.132	0.805	6.2136 ± 0.67	14.7498 ± 1.13	0.6393 ± 0.85
Շուշնբլանդար սխուկավոր (<i>Chaerophyllum bulbosum</i> L.)	ցորեն	1.121	0.901	6.9484 ± 0.56	16.5122 ± 0.89	0.0226 ± 0.09
	տերև	1.150	0.843	6.1454 ± 0.77	15.6466 ± 0.78	0.5375 ± 0.05
Նիկնգ երկտուն (<i>Urtica dioica</i> L.)	ցորեն	1.130	0.698	4.3639 ± 0.25	13.3572 ± 0.87	1.3626 ± 0.69
	տերև	1.152	0.798	5.9799 ± 0.46	14.7212 ± 0.92	0.7936 ± 0.36
Ծիճոնխատ մեծ (<i>Chelidonium majus</i> L.)	ցորեն	1.130	0.914	6.8735 ± 0.58	16.8476 ± 1.03	0.0065 ± 0.03
	տերև	1.156	0.807	6.1199 ± 0.46	14.847 ± 0.78	0.7525 ± 0.45
Բալդոդան սովորական (<i>Heracleum sosnowskyi</i>)	ցորեն	1.312	0.923	6.9587 ± 0.85	17.0038 ± 1.06	0.8165 ± 0.83
	տերև	1.301	0.918	6.9324 ± 0.77	16.9052 ± 0.93	0.7924 ± 0.69
Սիկորիկ սովորական (<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill) Druce)	ցորեն	1.142	0.821	7.4093 ± 0.86	14.4482 ± 1.02	0.4847 ± 0.75
	տերև	1.150	0.793	6.6389 ± 0.62	14.2426 ± 0.93	0.7433 ± 0.06

Վանաձորի հարակից տարածքներում աճող հետազոտված բույսերի ցողունում և տերևներում քլորոֆիլ a-ի կոնցենտրացիայի համեմատությունը բերված է թիվ 1 գծապատկերում:



Գծապատկեր 1. Վանաձորի հարակից տարածքներում աճող հետազոտված բույսերի փորձանմուշների ցողունում և տերևներում քլորոֆիլ a-ի կոնցենտրացիայի համեմատությունը

1. *Thymus serpyllum* L., 2. *Teucrium polium* L., 3. *Asparagus officinalis* L.,
4. *Mentha viridis* L., 5. *Apium graveolens* L., 6. *Chaerophyllum bulbosum* L.,
7. *Urtica dioica* L., 8. *Chelidonium majus* L., 9. *Heracleum sosnowskyi*,
10. *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce

Հետազոտված բույսերի նույն փորձանմուշներում համեմատվել է նաև ցողունում և տերևներում քլորոֆիլ a-ի կոնցենտրացիան միմյանց հետ: Պատկերն այսպիսին է.

Thymus serpyllum L. բույսի փորձանմուշի ցողունում քլորոֆիլ a-ի կոնցենտրացիան գերազանցում է տերևներում քլորոֆիլ a-ի կոնցենտրացիային 1.253 անգամ, *Teucrium polium* L.՝ տերևներում՝ 1.073, *Asparagus officinalis* L.՝ տերևներում 1.102, *Mentha viridis* L.՝ տերևներում 1.262, *Apium graveolens* L.՝ տերևներում 1.117, *Chaerophyllum bulbosum* L.)՝ ցողունում 1.131, *Urtica dioica* L.)՝ տերևներում՝ 1.370, *Chelidonium majus* L.՝ ցողունում 1.123, *Heracleum sosnowskyi*՝ ցողունում 1.003, *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce՝ ցողունում 1.116 անգամ:

Հետազոտված բույսերի փորձանմուշներում քլորոֆիլ b-ի կոնցենտրացիայի ամենաբարձր ցուցանիշ գրանցվել է *Thymus serpyllum* L. բույսի փորձանմուշի ցո-

դրոնում՝ 17.5848 մգ/լ, իսկ ամենից ցածր՝ *Teucrium polium* L. ցողունում՝ 13, 0648 մգ/լ:

Ըստ հետազոտված բույսերի փորձանմուշների՝ ցողունում քլորոֆիլ b-ի կոնցենտրացիայի կազմվել է բույսերի շարք.

Thymus serpyllum L.>*Mentha viridis* L.>*Heracleum sosnowskyi*>*Chelidonium majus* L.>*Chaerophyllum bulbosum* L.>*Polygonatum odoratum* (Mill) Druce>*Asparagus officinalis* L.>*Urtica dioica* L.>*Apium graveolens* L.>*Teucrium polium* L.:

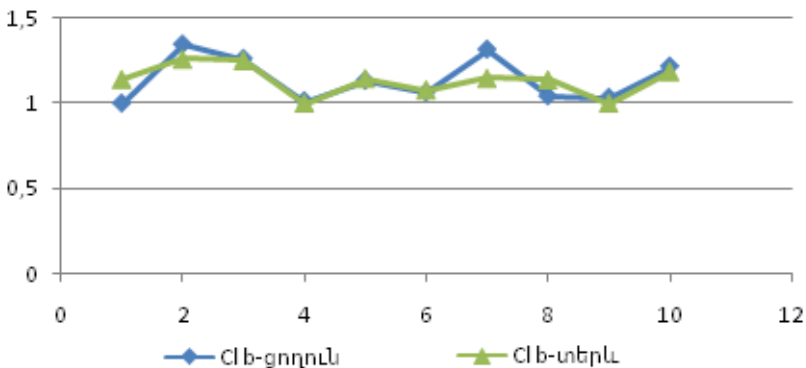
Բույսերի շանքից երևում է, որ ցողունում քլորոֆիլ b-ի նվազագույն կոնցենտրացիա գրանցվել է *Teucrium polium* L. բույսում, որը քիչ է *Thymus serpyllum* L. բույսի ցողունում քլորոֆիլ b-ի կոնցենտրացիայից 1.346 անգամ:

Հետազոտված բույսերի փորձանմուշների տերևներում քլորոֆիլ b-ի ամենաբարձր կոնցենտրացիան որոշվել է *Heracleum sosnowskyi* բույսում՝ 16.9052 մգ/լ, իսկ ամենից ցածր՝ *Teucrium polium* L. բույսի տերևներում՝ 13.4032 մգ/լ:

Ըստ տերևներում քլորոֆիլ b-ի կոնցենտրացիայի ցուցանիշի կազմվել է բույսերի շարք.

Heracleum sosnowskyi>*Mentha viridis* L.>*Chaerophyllum bulbosum* L.>*Chelidonium majus* L.>*Thymus serpyllum* L.>*Apium graveolens* L.>*Urtica dioica* L.>*Polygonatum odoratum* (Mill) Druce>*Asparagus officinalis* L.>*Teucrium polium* L.:

Վանաձորի հարակից տարածքներում աճող հետազոտված բույսերի ցողունում և տերևներում քլորոֆիլ b-ի կոնցենտրացիայի համեմատությունը բերված է թիվ 2 գծապատկերում:



Գծապատկեր 2. Վանաձորի հարակից տարածքներում աճող հետազոտված բույսերի փորձանմուշների ցողունում և տերևներում քլորոֆիլ b-ի կոնցենտրացիայի համեմատությունը

1. *Thymus serpyllum* L.,
2. *Teucrium polium* L.,
3. *Asparagus officinalis* L.,
4. *Mentha viridis* L.,
5. *Apium graveolens* L.,
6. *Chaerophyllum bulbosum* L.,
7. *Urtica dioica* L.,
8. *Chelidonium majus* L.,
9. *Heracleum sosnowskyi*,
10. *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce

Հետազոտված բույսերի նույն փորձանմուշներում համեմատվել է նաև ցողունում և տերևներում քլորոֆիլ a-ի և b-ի կոնցենտրացիաները միմյանց հետ: Պատկերն այսպիսին է.

Thymus serpyllum L. բույսի փորձանմուշի ցողունում քլորոֆիլ b-ի կոնցենտրացիան գերազանցում է տերևներում քլորոֆիլ b-ի կոնցենտրացիային 1.187 անգամ, *Teucrium polium* L.՝ տերևներում՝ 1.026, *Asparagus officinalis* L.՝ ցողունում 1.033, *Mentha viridis* L.՝ ցողունում 1.027, *Apium graveolens* L.՝ տերևներում 1.072, *Chaerophyllum bulbosum* L.՝ ցողունում 1.055, *Urtica dioica* L.՝ տերևներում՝ 1.102, *Chelidonium majus* L.՝ ցողունում 1.135, *Heracleum sosnowskyi*՝ ցողունում 1.006, *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce՝ ցողունում 1.014 անգամ:

Որոշվել է Վանաձորում աճող բույսերի փորձանմուշների ցողունում և տերևներում կարոտինոիդների կոնցենտրացիան: Կարոտինոիդների կոնցենտրացիայի ամենաբարձր ցուցանիշ որոշվել է *Thymus serpyllum* L. բույսի փորձանմուշի տերևներում՝ 1.3971 մգ/լ, իսկ ամենացածր՝ *Chelidonium majus* L. ցողունում՝ 0.0065 մգ/լ:

Ըստ հետազոտված բույսերի ցողունում կարոտինոիդների կոնցենտրացիայի աղ. 1-ում տրված տվյալների, կազմվել է բույսերի շարք.

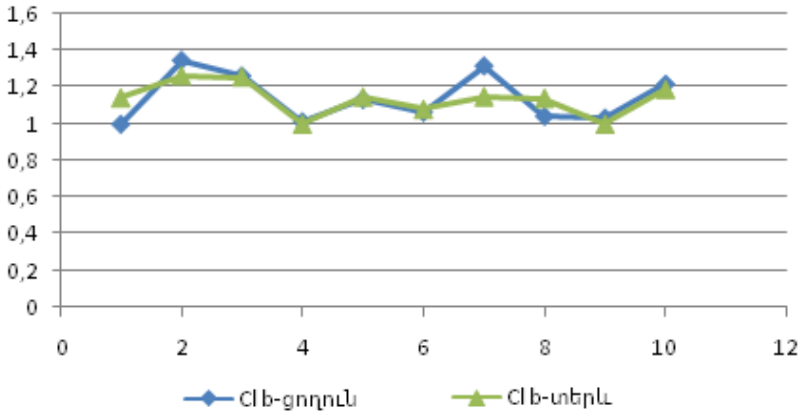
Urtica dioica L.>*Teucrium polium* L.>*Apium graveolens* L.>*Mentha viridis* L.>*Asparagus officinalis* L.>*Heracleum sosnowskyi*>*Polygonatum odoratum* (Mill) Druce>*Chaerophyllum bulbosum* L.>*Thymus serpyllum* L.>*Chelidonium majus* L.:

Հետազոտված բույսերի տերևներում կարոտինոիդների կոնցենտրացիայի ամենաբարձր ցուցանիշ որոշվել է *Thymus serpyllum* L. բույսում՝ 1.3971 մգ/լ, իսկ ամենացածրը՝ *Teucrium polium* L. բույսի տերևներում՝ 0.346 մգ/լ, այսինքն՝ գրեթե 4. 037 անգամ ավելի:

Ըստ տերևներում կարոտինոիդների կոնցենտրացիայի տվյալների՝ կազմվել է հետազոտված բույսերի շարք.

Thymus serpyllum L.>*Asparagus officinalis* L.>*Mentha viridis* L.>*Urtica dioica* L.>*Heracleum sosnowskyi*>*Chelidonium majus* L.>*Polygonatum odoratum* (Mill) Druce>*Apium graveolens* L.>*Chaerophyllum bulbosum* L.>*Teucrium polium* L.:

Վանաձորի հարակից տարածքներում աճող հետազոտված բույսերի ցողունում և տերևներում կարոտինոիդների կոնցենտրացիայի համեմատությունը *Thymus serpyllum* L. Բույսում որոշված ցուցանիշի հետ բերված է թիվ 3 զծապատկերում:



Գծապատկեր 3. Վանաձորի հարակից տարածքներում աճող հետազոտված բույսերի փորձանմուշների ցողունում և տերևներում կարոտինոիդների կոնցենտրացիայի համեմատությունը

1. *Thymus serpyllum* L.,
2. *Teucrium polium* L.,
3. *Asparagus officinalis* L.,
4. *Mentha viridis* L.,
5. *Apium graveolens* L.,
6. *Chaerophyllum bulbosum* L.,
7. *Urtica dioica* L.,
8. *Chelidonium majus* L.,
9. *Heracleum sosnowskyi*,
10. *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce

Հետազոտված նույն բույսերի փորձանմուշների ցողունում և տերևներում կարոտինոիդների կոնցենտրացիայի ցուցանիշները համեմատվել են միմյանց հետ: Պատկերն այսպիսին է.

Thymus serpyllum L. բույսի փորձանմուշի տերևներում կարոտինոիդների կոնցենտրացիան գերազանցում է ցողունում կարոտինոիդների կոնցենտրացիային 62.09 անգամ, *Teucrium polium* L.)՝ ցողունում՝ 3.357, *Asparagus officinalis* L.՝ ցողունում 1.123, *Mentha viridis* L.՝ ցողունում 1.210, *Apium graveolens* L.՝ ցողունում՝ 1.745, *Chaerophyllum bulbosum* L.՝ տերևներում՝ 23.78, *Urtica dioica* L.՝ ցողունում՝ 1.716, *Chelidonium majus* L.՝ տերևներում 115.77, *Heracleum sosnowskyi*՝ ցողունում 1.03, *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce՝ տերևներում 1.533 անգամ:

Ներկայացություն

Կատարված հետազոտությունների արդյունքում հանգել ենք ներքոհիշյալին.

- Վանաձորում աճող բույսերում հետազոտված բույսերից 5-ում քլորոֆիլ a-ի կոնցենտրացիան բարձր է ցողունում՝ *Thymus serpyllum* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Chelidonium majus* L., *Heracleum sosnowskyi*, *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, իսկ հինգ բույսում՝ *Teucrium polium* L., *Asparagus officinalis* L., *Mentha viridis* L., *Apium graveolens* L., *Urtica dioica* L.՝ տերևներում:
- Վանաձորում աճող հետազոտված բույսերից 7-ում քլորոֆիլ b-ի կոնցենտրացիան բարձր է ցողունում՝ *Thymus serpyllum* L., *Asparagus officinalis* L., *Mentha viridis* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Chelidonium majus* L.,

Heracleum sosnowskyi, *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce, իսկ երեք բույսում՝ *Apium graveolens* L., *Urtica dioica* L., *Teucrium polium* L., տերևներում:

- Վանաձորում աճող հետազոտված բույսերից 6-ում կարոտինոիդների կոնցենտրացիան բարձր է ցողունում՝ *Teucrium polium* L., *Asparagus officinalis* L., *Mentha viridis* L., *Apium graveolens* L., *Urtica dioica* L., *Heracleum sosnowskyi*, իսկ չորսում *Thymus serpyllum* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Chelidonium majus* L., *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce՝ տերևներում:
- Ելնելով կարոտինոիդների կոնցենտրացիաների տվյալներից և հաշվի առնելով դրանց ազդեցությունը մարդու առողջության վրա՝ Վանաձոր քաղաքի ազգաբնակչությանն առաջարկում ենք սննդում և կենցաղում օգտագործել թվարկված բույսերի ցողունը՝ *Teucrium polium* L., *Asparagus officinalis* L., *Mentha viridis* L., *Apium graveolens* L., *Urtica dioica* L., *Heracleum sosnowskyi*, իսկ *Thymus serpyllum* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Chelidonium majus* L., *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce՝ բույսերի տերևները:

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-78>

Գրականության

1. Եդոյան Ռ. Հ., Վարդանյան Ջ. Ս. Բույսերի ֆիզիոլոգիայի լաբորատոր աշխատանքների ձեռնարկ, Երևան, 2006, 144 էջ:
2. Թանգամյան Տ. Վ., Աղաջանյան Մ. Ա., Բույսերի ֆիզիոլոգիա, Երևան, 2006, էջ 287, էջ 111-114:
3. Մանասյան Մ. Գ., Գրիգորյան Ա. Թ., Եդոյան Գ. Բ., Լոռու մարզ, Երևան, 2003, 203 էջ:
4. Հայկական ՍՄՀ ֆիզիկական աշխարհագրություն, Երևան, 1971, էջ 470:
5. Ռուբին Բ. Ա., Բույսերի ֆիզիոլոգիայի դասընթաց, Երևան 1985, 682 էջ:
6. Վարդանյան Ջ. Ս., Գևորգյան Ա. Ժ., Ղազարյան Ա. Հ., Ավետիսյան Գ. Ս., Կարոտինոիդների պարունակությունը որոշ մերձարևադարձային բույսերի պտուղներում, Վանաձորի պետական համալսարանի գիտական տեղեկագիր, Բնական և ճշգրիտ գիտություններ, 1 // ՀՀ կրթության, գիտության, մշակույթի և սպորտի նախարարություն, Վանաձորի պետական համալսարան, Վանաձոր, 2023, 31-39, DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-ne2023.1-48>, ISSN 2738-2923
7. Վարդանյան Ջ., Հովհաննիսյան Ա., Միրզոյան Յ., Քրոքֆիլի պարունակության որոշումը SAMBUCUS NIGRA L. և RUMEX ACETOSA L. տեսակների տերևներում, ՀՀ ԿԳ Նախարարություն, ՎՊՀ Գիտական տեղեկագիր, Պրակ Բ, Երևան, 2016, էջ 97-104
8. Վարդանյան Ջ., Սաֆարյան Ա., Աղաբեկյան Լ., Բույսերի տերևներում քլորոֆիլի պարունակության կախվածությունը աճելավայրի պայմաններից, ՎՊՀ-ի Գիտական տեղեկագիր, պրակ Բ, թիվ 2, 2021, էջ 20-30:

9. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов, пер. с англ., Москва: Мир, 1986. - 422 с.
10. Варданыан З. С., Казарян А. Г., Симонян Л. Г. Содержание каротиноидов в тканях произрастающих в Лорийском и Тавушском марзах растения *Sambucus nigra* L./ Научный журнал «Sciences of Europe», № 134, 2024, Прага, с. 16-20., ISSN 3162-2364, DOI: 10.5281/zenodo.10641519
11. Варданыан З. С., Байрамян Л. Е., Саакян Г. Р. Количественные показатели хлорофилла в стеблях некоторых съедобных диких растений / Западно-Сибирский научный центр. Сборник Международной научно-практической конференции. Актуальные и перспективные направления развития научно—технологического прогресса. Кемерово, 2020, с. 18-21.
12. Воробев В. Н. и др. Практикум по физиологии растений. Казань, 2013, с. 23-30.
13. Доспехов В. А. Методика полевого опыта/ Москва: Колос, 1973, 336 с.
14. Лебедев С. И. Физиология растений. Издательство Колос, 1982, с. 134-139.
15. Малахова М. В. Влияние каротиноидов на обмен холестерина в клетках человека *in vitro*. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Москва, 1999.
16. Сергеев А. В., Ананьев В. С., Капитанов А. Б., Коростылев С. А., Букреев Ю. М., Власенкова Н. К., Просалкова И. Р., Решетникова В. В., Шубина И. Ж. Фармакокинетика каротиноидов и каротин-содержащих препаратов. Российский биотерапевтический журнал. 2017; 16(3):92-106. <https://doi.org/10.17650/1726-9784-2017-16-3-92-101>
17. Тумова М. С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое, 2010, с. 9-12.
18. Bendich A. Carotenoids and the immune response. 1989, DOI: 10.1093/jn/119.1.112. PMID: 2643693
19. Khachik F. Distribution and metabolism of dietary carotenoids in humans as a criterion for development of nutritional supplements. Pure and Applied Chemistry, vol. 78, no. 8, 2006, pp. 1551-1557. <https://doi.org/10.1351/pac200678081551>
20. Kim S. H. Inhibitory effect of astaxanthin on oxidative stress-induced mitochondrial dysfunction-a mini-review. Nutrients, 2018, № 10(9), pp. 1137–1151. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10091137>.
21. Mullineaux, C. W. Electron transport and light-harvesting switches in cyanobacteria. Frontiers in Plant Science, 2014, № 5, p. 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00007>.
22. Vardanyan Z., Gevorgyan A., Avetisyan G. Content of Carotinoids in the Leaves of Some Spices/ Endless light in science, Almaty, Kazakhstan, 2022, pp. 151-155, ISSN - 2709-1201, ISBN — 978-601-332-668-9
23. Prakash P. In vitro inhibition of proliferation of estrogen-dependent and estrogen-independent human breast cancer cells treated with carotenoids or retinoids. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/131.5.1574>. // Nutrition Journal, 2001, №131, pp. 1574–1580.

24. Tomita Y. Augmentation of tumor immunity against syngeneic tumors in mice by beta-carotene // Journal of the National Cancer Institute. 1987, № 78, pp. 679–681. DOI: <https://doi.org/10.1093/jnci/78.4.679>
25. Yao Y., You J., Ou Y., Ma J., Wu X., Xu G. Ultraviolet-B protection of ascorbate and tocopherol in plants related with their function on the stability on carotenoid and phenylpropanoid compounds, 2015, DOI: 10.1016/j.plaphy.2015.02.021. PMID: 25749732
26. <https://www.korolevpharm.ru/proizvodstvo/kachestvo/metodiki-i-testy/metod-opredeleniya-soderzhaniya-karotinoidov.html>
27. Wettstein, P. von. Chlorophyll, etc., und der submikroskopische Formwechsel der Plastiden //Exp. CellRes, 1957. V.12, No4, pp. 427–431.

**Определение концентраций хлорофиллов и каротиноидов
в некоторых дикорастущих съедобных растениях, произрастающих
в окрестностях города Ванадзор**

*Варданян Заруи,
Казарян Армине*

Резюме

Ключевые слова: растительные пигменты, оптическая плотность хлорофилла, концентрация пигментов, растительный экстракт, длина световой волны, квант света, спиртовой раствор хлорофилла, каротиноиды

Исследование концентрации хлорофиллов и каротиноидов в стеблях и листьях десяти видов растений, взятых из дикой природы в окрестностях города Ванадзор Лорийского марза, показало, что концентрации пигментов в вегетативных органах разных растений различны. У пяти исследованных видов растений, произрастающих в Ванадзоре, концентрация хлорофилла была выше в стеблях *Thymus serpyllum* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Chelidonium majus* L., *Heracleum sosnowskyi*, *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce. В то же время, у других пяти видов *Teucrium polium* L., *Asparagus officinalis* L., *Mentha viridis* L., *Apium graveolens* L., *Urtica dioica* L. концентрация хлорофилла, а была выше в листьях. Что касается хлорофилла b, у семи видов растений его концентрация была выше в стеблях *Thymus serpyllum* L., *Asparagus officinalis* L., *Mentha viridis* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Chelidonium majus* L., *Heracleum sosnowskyi*, *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce. В трех видах: *Apium graveolens* L., *Urtica dioica* L., *Teucrium polium* L. более высокая концентрация хлорофилла b наблюдалась в листьях. Основываясь на данных о концентрации каротиноидов, населению рекомендуется использовать в пищу и быту стебли следующих растений: *Teucrium polium* L., *Asparagus officinalis* L., *Mentha viridis* L., *Apium graveolens* L., *Urtica dioica* L., *Heracleum sosnowskyi*. В то же время, листья стоит употреблять у *Thymus serpyllum* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Chelidonium majus* L., *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce).

The Determination of Chlorophyll and Carotenoid Concentrations in Certain Wild Edible Plants Growing in the Vicinity of Vanadzor

**Vardanyan Zaruhi,
Ghazaryan Armine**

Summary

Key words: plant pigments, optical density of chlorophyll, concentration of pigment, plant extract, light wavelength, light quantum, alcoholic solution of chlorophyll

The study of chlorophyll and carotenoid concentrations in the stems and leaves of ten plant species collected from the wild flora of the Vanadzor region of Lori marz, revealed that the concentrations of chlorophyll *a* and chlorophyll *b* was different in the vegetative organs of these plants. In the five of the investigated plant species growing in Vanadzor *Thymus serpyllum* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Chelidonium majus* L., *Heracleum sosnowskyi*, *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce – chlorophyll *a* concentration was higher in the stem. Meanwhile, in the five other species – *Teucrium polium* L., *Asparagus officinalis* L., *Mentha viridis* L., *Apium graveolens* L., *Urtica dioica* L., chlorophyll *a* concentration was higher in the leaves. Regarding chlorophyll *b*, the concentration was higher in the stems of seven plant species *Thymus serpyllum* L., *Asparagus officinalis* L., *Mentha viridis* L., *Chaerophyllum bulbosum* L., *Chelidonium majus* L., *Heracleum sosnowskyi*, *Polygonatum odoratum* (Mill) Druce. While in the three species *Apium graveolens* L., *Urtica dioica* L., *Teucrium polium* L. it was higher in the leaves. Based on carotenoid concentration data, we recommend that the residents of Vanadzor incorporate the stems of *Teucrium polium* L., *Asparagus officinalis* L., *Mentha viridis* L., *Apium graveolens* L., *Urtica dioica* L., *Heracleum sosnowskyi*. into their diet and daily use.

Ներկայացվել է 29. 03. 2025 թ.
Գրախոսվել է 15. 04. 2025 թ.
Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025թ.

**Կրտսեր դպրոցականների կենսաբանական և
քրոնոլոգիական տարիքի համապատասխանության որոշումը
Վանաձորի մի շարք դպրոցներում**

**Քառյան Շուշան,
Մանուկյան Տաթևիկ**

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-92>

Հանգուցային բառեր. *Ֆիլիպինյան թեստ, ռեգրեսիոն սանդղակ, աններդաշնակ և անհամաչափ զարգացում, սոմատոմետրիկ շեղումներ, տարիքային համապատասխանություն*

Նախաբան

Կենսաբանական տարիքը մարդու առողջության գնահատականն է և առավել կարևորվում է, երբ առնչվում է երեխաներին: Երեխաների մոտ առողջական խնդիրների առաջացման ռիսկը մեծանում է, եթե նրանց կենսաբանական տարիքը գերազանցում է կամ չի համապատասխանում քրոնոլոգիական տարիքին [2]:

Կենսաբանական և քրոնոլոգիական տարիքների միջև անհամապատասխանությունը կրտսեր դպրոցականների մոտ կարող է առողջական խնդիրների պատճառ դառնալ և իջեցնել ուսուցման արդյունավետությունը: Քանի որ հետևյալ խնդիրները բավարար չափով լուսաբանված չեն, դրանց ուսումնասիրությունն ու վերլուծությունը կարևորվում և մնում են արդիական [5; 6]:

Մեծահասակների կենսաբանական տարիքը, եթե հաճախ ընկալվում է որպես ընդհանուր առողջության և կայունության ցուցանիշ, երեխաների մոտ արագացված կենսաբանական տարիքի հայեցակարգային մեկնաբանությունը և զարգացման հետ դրա կապը մնում է ոչ լիարժեք մեկնաբանված [5]:

Ներկայումս հետազոտությունները այս թեմայի շրջանակներում շարունակվում են:

Աշխատանքի նպատակը և խնդիրները

Վանաձորի թիվ 1 և թիվ 3 հիմնական դպրոցներում փորձ է արվել բացահայտել կրտսեր դպրոցականների (I դասարան, 5,9 տ. - 6,5 տ.) քրոնոլոգիական և կենսաբանական տարիքների համապատասխանությունը: Այդ նպատակով

- կատարվել են անթրոպոմետրիկ և ֆիզիոմետրիկ չափումներ,
- ըստ ցուցանիշների պարզվել է քրոնոլոգիական և կենսաբանական տարիքի համապատասխանությունը,
- պարզել է կենսաբանական տարիքի համապատասխանությունը որոշ հոգեֆիզիոլոգիական ցուցանիշների համատեքստում:

Նյութը և մեթոդները

Հետազոտությանը մասնակցել է 92 աշակերտ՝ 45 աղջիկ և 47 տղա, որոնք ներառված չեն եղել կրթության առանձնահատուկ պայմանների կարիք չունեցող (ԿԱՊԿ) երեխաների խմբում: Վերջինս անց է կացվել դպրոցների տնօրենների, աշակերտների և ծնողների համաձայնությամբ, պահպանվել է նաև անձնական տվյալների գաղտնիությունը:

Երեխաների կենսաբանական զարգացումը գնահատելու համար կիրառվել են կոմպլեքս (համալիր) մեթոդներ, որոնք հաշվի են առնում ինչպես մարմնի մորֆոֆունկցիոնալ և ֆիզիկական զարգացման վիճակը, այնպես էլ երեխայի անձնագրային տարիքի համապատասխանությունը կենսաբանական զարգացման մակարդակին: Մեթոդները թույլ են տալիս առանձնացնել տարիքին համապատասխան և ներդաշնակ ֆիզիկական զարգացում ունեցող երեխաներին, ինչպես նաև ֆիզիկական զարգացման տարիքային անհամապատասխան ցուցանիշներ ունեցող երեխաներին [3]: Ֆիզիկական զարգացման ստանդարտների մշակման և զարգացման գնահատման համար նախ պետք է որոշել հետազոտությանը մասնակցող երեխայի քրոնոլոգիական տարիքը:

Ֆիզիկական զարգացման գնահատումը կատարվում է 2 փուլով. առաջին փուլում գնահատվում է կենսաբանական զարգացման մակարդակն ըստ ֆիլիպինյան թեստի [3]: Ֆիլիպինյան թեստի արդյունքները բավականին հստակ նկարագրում են երեխայի կենսաբանական տարիքը, քանի որ արտահայտում են ոչ միայն կմախքի զարգացման, այլև առավել կարևոր՝ օրգանիզմի մորֆոֆունկցիոնալ հասունության նկարագիրը:

Երկրորդ փուլում գնահատվում է օրգանիզմի մորֆոֆունկցիոնալ վիճակն ըստ հասակի, մարմնի զանգվածի, կրծքավանդակի շրջագծի և ձեռքերի մկանային ուժի՝ օգտվելով այդ ցուցանիշների համապատասխան ստանդարտի աղյուսակից, որտեղ՝ σ -ն հատկանիշի միջին շեղման մեծությունն է, σR -ը սիգմայի ռեգրեսիան է, որը հատկանիշի անհատական շեղման մեծությունն է, M -ը՝ անթրոպոմետրիկ և ֆիզիոմետրիկ տվյալների միջին վիճակագրական ցուցանիշն է:

Մորֆոֆունկցիոնալ վիճակը գնահատվում է՝

- ա. ներդաշնակ, եթե զանգվածը և կրծքավանդակի շրջագիծը գտնվում են $M \pm 1\sigma R$ ընդգրկույթում, ֆունկցիոնալ ցուցանիշները համապատասխանում են տարիքային նորմերին ($M \pm \sigma$ կամ $M \pm 2\sigma$),
- բ. աններդաշնակ, երբ մարմնի զանգվածը և կրծքի շրջագիծը փոքր են $1,1-2 \sigma R$ -ից կամ մեծ են $1,1+2 \sigma R$ -ով, իսկ ֆունկցիոնալ ցուցանիշները ցածր են նորմայից,
- գ. խիստ աններդաշնակ, երբ մարմնի զանգվածը և կրծքի շրջագիծը նորմայից ցածր են $2,1 \sigma R$ -ով կամ մեծ են $2,1 \sigma R$ -ով [1, 3]:

Առանձնացվել է հետազոտությանը մասնակից սովորողների հետևյալ տարիքային խումբը՝ ըստ քրոնոլոգիական տարիքի.

- 6տ. (5,9 տ.-6,5տ.) - 92 աշակերտ

Ռեգրեսիոն սանդղակների մեթոդի հետ համատեղ կիրառվել է նաև Կետլեի ինդեքսի մեթոդը, ինչը հնարավորություն է տվել հաշվարկել երեխայի հասակի և քաշի հարաբերակցությունը, այնուհետև համեմատել նորմաների աղյուսակի տվյալների հետ, գնահատել զարգացման խախտումները և դրանց պատճառները [4; 3]:

Հոգեֆիզիոլոգիական և մորֆոֆունկցիոնալ ցուցանիշների միջև փոխհարաբերությունները բացահայտելու համար օգտագործվում է Ա. Կերնի (1955 թ.) և Յ.

Իրասելի (1966 թ.) թեստը [7]: Այս թեստի առաջադրանքների հաջողությամբ կատարումը ցույց է տալիս դիտարկման, ուշադրության, հիշողության մակարդակը, բնութագրում է դաստակի մանր մկանների զարգացման աստիճանը, ինչպես նաև պատկերացում է տալիս երեխայի սոցիալական զարգացման մակարդակի մասին:

Աշխատանքի արդյունքները և վերլուծությունը

Ֆիլիպինյան թեստի արդյունքներն արձանագրում են, որ աշակերտների 47 %-ի մոտ նկատվում է անհամապատասխանություն, մասնավորապես ֆիլիպինյան թեստի բացասական արդյունք:

Աշակերտների կենսաբանական զարգացման մակարդակի գնահատմանն ուղղված հաջորդ կարևորագույն քայլը նրանց ֆիզիկական զարգացման 3 ցուցանիշների՝ հասակի, քաշի, կրծքավանդակի շրջագծի միջև առկա կապի վերլուծությունն է:

Վերջինիս որոշման համար կիրառվել է ռեգրեսիոն սանդղակների մեթոդը, որը թույլ է տալիս գնահատել զարգացումը ֆիզիկական 3 ցուցանիշների միջև առկա կապի համատեքստում:

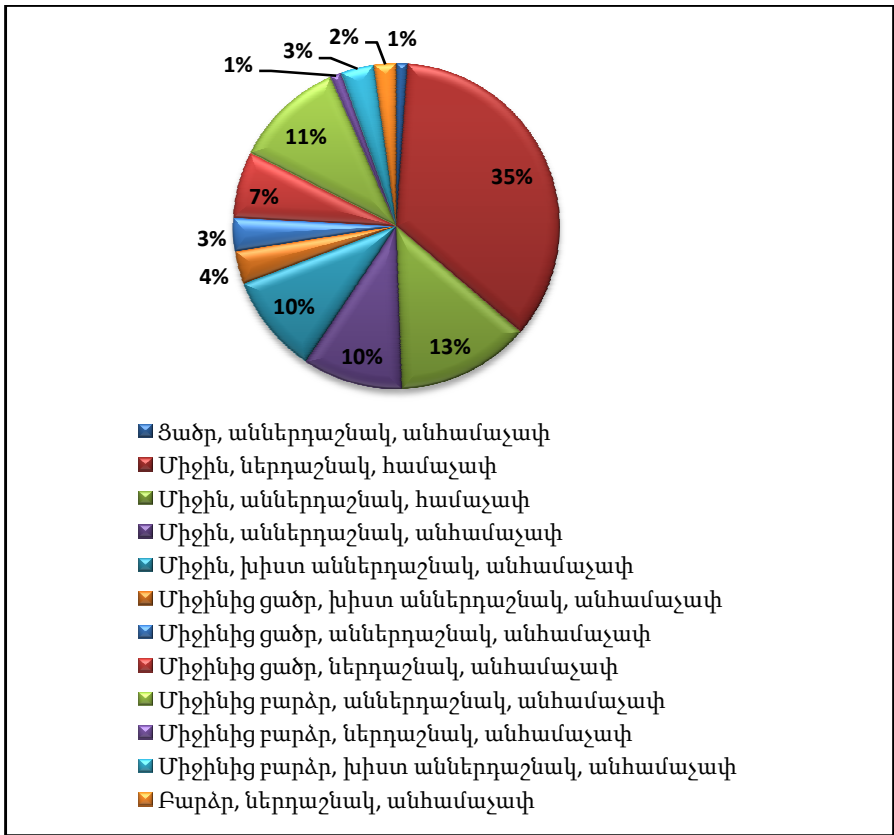
Յուրաքանչյուր երեխայի համար անհատապես հաշվարկվել է քաշի և կրծքավանդակի ռեգրեսիոն շեղումը / σR /, ենթարկվել է վերլուծության, որի արդյունքում ստացվել է կրտսեր դպրոցականների զարգացման հետևյալ խմբերը՝

- Ցածր, աններդաշնակ, անհամաչափ,
- Միջին, ներդաշնակ, համաչափ,
- Միջին, աններդաշնակ, համաչափ,
- Միջին, աններդաշնակ, անհամաչափ,
- Միջին, խիստ աններդաշնակ, անհամաչափ,
- Միջինից ցածր, խիստ աններդաշնակ, անհամաչափ,
- Միջինից ցածր, աններդաշնակ, անհամաչափ,
- Միջինից ցածր, ներդաշնակ, անհամաչափ,
- Միջինից բարձր, աններդաշնակ, անհամաչափ,
- Միջինից բարձր, ներդաշնակ, անհամաչափ,
- Միջինից բարձր, խիստ աններդաշնակ, անհամաչափ,
- Բարձր, ներդաշնակ, անհամաչափ:

Միջին, ներդաշնակ և համաչափ զարգացում, ինչը ենթադրում է ինչպես մարմնի հասակի, քաշի և կրծքավանդակի շրջագծի տվյալների միջև լիարժեք համապատասխանություն, այնպես էլ վերոնշյալ 3 պարամետրերի համապատասխանություն՝ երեխայի օրացուցային տարիքին համապատասխան: Համապատասխանություն դիտվել է հետազոտությանը մասնակցած միայն՝ 34,76 % աշակերտների մոտ: Կենսաբանական զարգացման մակարդակը խիստ կորելյացիայի մեջ է գտնվում ֆիզիկական զարգացման մակարդակից:

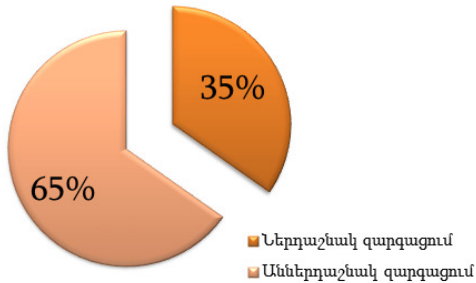
Աններդաշնակ և անհամաչափ զարգացում ունեցող երեխաները կազմում են աշակերտների ընդհանուր թվի 65 %-ը (գծապատկեր 1): Բացառապես բոլոր տարիքային խմբերում նկատվում են զարգացման սոմատոմետրիկ շեղումներով

աշակերտներ, ինչը խոսում է վաղ տարիքից սկսած կենսաբանաֆիզիկական զարգացման խաթարված ընթացքի մասին:



Գծապատկեր 1. Կրտսեր դպրոցականների ֆիզիկական զարգացման գնահատման խմբերը

Ներդաշնակ զարգացման պարագայում թերևս ամեն ինչ պարզ է. մարմնի քաշը համապատասխանում է հասակին, ոչ ներդաշնակ զարգացման պարագայում գործ ունենք կա՛մ քաշի պակասի, կա՛մ քաշի ավելցուկի հետ (գծապատկեր 2.):



Գծապատկեր 2. Զարգացման ցուցանիշները ըստ Կեղևի ինդեքսի՝ արտահայտված տոկոսներով

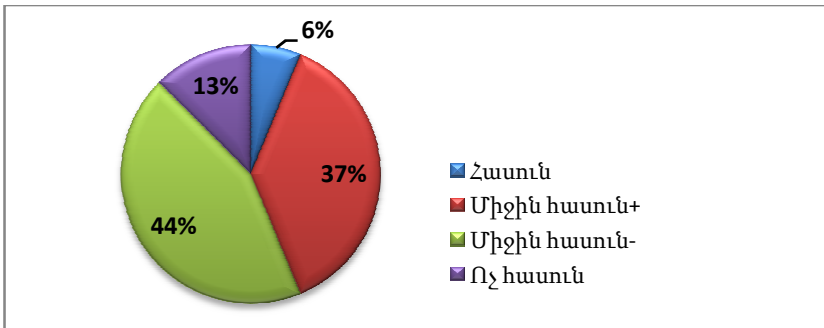
Վերոնշյալից հետևում է, որ համալիր մեթոդի մեջ, ներառվել է նաև դաստակի ուժի չափումը: Այս տվյալը հնարավորություն է տալիս հետազոտվողների կենսաբանական զարգացման մակարդակը դիտարկել մի քանի ցուցանիշների վերլուծության տեսանկյունից: Աշակերտների դաստակի ուժը չափվել է տվյալ տարիքային խմբի համար նախատեսված ձեռքի ուժաչափով: Արդյունքների վերլուծությունը կատարվել է նորմաների համապատասխան աղյուսակի տվյալների հիման վրա՝ հաշվի առնելով տարիքային և սեռային առանձնահատկությունները:

Հետազոտությանը մասնակցած երեխաների ընդամենը 4,34 %-ի մոտ է դիտվում ձեռքի ուժի համապատասխանություն՝ ըստ երկու ձեռքի, մասամբ համապատասխանություն ըստ մեկ ձեռքի դիտվում է 9,78 %-ի մոտ: Սովորողների 85,69 %-ի պարագայում ո՛չ աջ և ո՛չ ձախ դաստակի ուժերը չեն համապատասխանում նորմային: Նման անհամապատասխանությունը պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ վեց տարեկանում, ըստ հայտնի տվյալների, դեռևս ավարտված չէ դաստակի մատերի ֆալանգների ոսկրացումը, մատերի մանր մկանները թույլ են զարգացած: Դրանից ելնելով, ինչպես նշում է Ն. Ն. Կուինջին, ձեռքը՝ այդ տարիքում, մորֆոլոգիապես դեռևս պատրաստ չէ յուրացնելու գրելու արվեստը [2]: Այստեղից էլ գալիս են բոլոր դժվարությունները: Վեց տարեկան աշակերտներից միայն 12,5 %-ի մոտ է դիտվում ձեռքի ուժի մասամբ համապատասխանություն: Այս թվերը փաստում են երեխաների՝ գրել սովորելու ֆիզիոլոգիական անպատրաստվածության մասին:

Կենսաբանական զարգացման մակարդակի որոշման համար անհրաժեշտ է նաև քննարկել երեխայի հոգեբանաֆիզիոլոգիական և մորֆոֆունկցիոնալ ցուցանիշների միջև կապը: Վերջինիս բացահայտման համար կիրառվել է *Կերն-Իրասեկի* թեստը, որը, ըստ շատ հեղինակների, հանդիսանում է բավականին տեղեկատվական, նաև՝ օրգանիզմի հիմնական ֆունկցիոնալ համակարգերի վիճակը բնութագրող թեստ: Այն իր մեջ ներառում է 3 առաջադրանք, և վերջիններիս անհատական գնահատումից հետո երեխաները դասակարգվում են ստորև բերված խմբերում:

- Հասուն խումբ,

- Միջին հասուն խումբ, որը իր մեջ ներառում է երկու ենթախումբ՝ միջին հասուն (+) և միջին հասուն (-),
- Ոչ հասուն խումբ [7]:



**Գծապատկեր 3. Տարիքային խումբ՝ 5,9-6,5 տ.
Կերն-Իրասեկի թեստի արդյունքները**

Կերն-Իրասեկի թեստի ստացված արդյունքները 5,9-6,5 տարեկանների մոտ կազմում են՝ հասուն 6 %, միջին հասուն՝ +37 %, միջին հասուն՝ -44 %, ոչ հասուն՝ 13 % (գծապատկեր 3):

Նկատվում է միջին հասունություն ունեցող աշակերտների քանակի գերակշռում: Ոչ հասուն խմբի մեջ 13 %-ն են ներառված, իսկ 6 %-ը՝ հասուն:

Թեստի առաջադրանքների հաջող կատարումը կարող է խոսել աշակերտների ուշադրության, հիշողության բարվոք մակարդակի, դաստակի մանր մկանների զարգացման բավարար աստիճանի և սոցիալական, ադապտացիոն ունակությունների պատշաճ դրսևորման մասին: Ինչպես հայտնի է, երեխաները ընդունվում են դպրոց 6 տարեկանում, այս տարիքային խմբի պարագայում աշակերտների 6 %-ի մոտ է նկատվել նորմալ զարգացում (հասուն խմբի մեջ մտնող երեխաներ):

Արդյունքները փաստում են, որ երեխաները, պատրաստ չլինելով դպրոց հաճախելուն, ընդունվում են դպրոց, և ընդունելության համար հաշվի է առնվում երեխայի տարիքի որոշակի շեմը: Երեխան ընդունվում է դպրոց՝ առանց հաշվի առնելու նրա կենսաբանական զարգացման մակարդակը, մորֆոֆունկցիոնալ և հոգեֆիզիոլոգիական ցուցանիշների միջև կապը, ինչպես նաև վերոնշյալ ցուցանիշների, կենսաբանական և քրոնոլոգիական տարիքների համապատասխանության կորելյացիան:

Հետազոտության այսօրինակ արդյունքները ևս մեկ անգամ փաստում են նախադպրոցական տարիքի երեխայի կենսաբանական զարգացման մակարդակի որոշման անհրաժեշտությունը՝ մինչև դպրոց ընդունվելը: Միևնույն տարիքի, կրթության առանձնահատուկ պայմանների կարիք չունեցող երեխաները, ինչպես հայտնի է, կարող են տարբերվել հոգեբանական, սոցիալական, ադապտացիոն, ֆիզիկական և կենսաբանական ցուցանիշներով: Զարգացման այս ցուցանիշները

կարող են համապատասխանել օրացուցային տարիքին կամ՝ ոչ: Հակառակ դեպքում անհրաժեշտ է, հաշվի առնելով երեխաների հնարավոր անպատրաստվածության մակարդակը, ուսումնական գործընթացում և ուսումնական պլանները համապատասխանեցնել վերջիններիս:

Եզրակացություն

- Կենսաբանական տարիքի անհամապատասխանությունը քրոնոլոգիական տարիքի նկատմամբ կրտսեր դպրոցական տարիքի երեխաների մոտ բավականին բարձր տոկոս է կազմում: Ֆիզիկական, հոգեբանական և սոցիալական զարգացման աստիճանը զգալի հետ է մնում, որը իջեցնում է երեխայի՝ սովորելու նկատմամբ մոտիվացիան և հետևաբար նաև ուսուցման արդյունավետությունը:
- Երեխաների մեծ մասը օժտված է ուսուցման նյութը յուրացնելու բարձր ունակությամբ և եթե այն տրվի ճիշտ և տարիքային առանձնահատկություններին համապատասխան, ուսուցման նկատմամբ հետաքրքրությունը կլինի մեծ, իսկ արդյունավետությունը՝ բավականին բարձր:
- Երեխան ընդունվում է դպրոց, սակայն հաշվի չի առնվում նրա կենսաբանական զարգացման մակարդակը, մորֆոֆունկցիոնալ և հոգեֆիզիոլոգիական ցուցանիշների միջև կապը, ինչպես նաև վերոնշյալ ցուցանիշների, կենսաբանական և քրոնոլոգիական տարիքների միջև համապատասխանության կորելյացիան:

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-92>

Գրականություն

1. Борисова Т. С., Лабодаева Ж. П. Гигиеническая оценка состояния здоровья детей и подростков: метод. рекомендации/ 3-е изд., доп. и испр., Минск: БГМУ, 2017, с. 25-28.
2. Мануева Р. С., Физическое развитие детей и подростков. Показатели. Методы оценки: учебное пособие/ ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра общей гигиены. Иркутск: ИГМУ, 2018, с. 10-19.
3. Осолодкова Е. В., диагностика готовности и адаптация детей к обучению в школе: учебное пособие/ Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2016, с. 56-63.
4. Показатели массы тела <https://gnicpm.ru/articles/zdorovyy-obraz-zhizni/pokazateli-massy-tela.html>, 2021.
5. By Dr. Liji Thomas, MD Study reveals surprising link between biological age and child development <https://www.news-medical.net/news/20230607/Study-reveals-surprising-link-between-biological-age-and-child-development.aspx>, 2023.
6. <https://elifesciences.org/articles/85104> Jun 6, 2023.
7. https://nsportal.ru/sites/default/files/2021/07/05/test_kerna_yerasika.pdf.

Определение соответствия биологического и хронологического возраста младших школьников в ряде школ Ванадзора

*Карян Шушан,
Манукян Татевик*

Резюме

Ключевые слова: *Филиппинский тест, шкала регрессии, дисгармоничное и непропорциональное развитие, соматометрические отклонения, соответствие возрасту*

В статье предпринята попытка выявить соответствие между хронологическим и биологическим возрастом младших школьников 1 класса (5,9 - 6,5 лет) начальных школ № 1 и 3 города Ванадзор. В исследовании приняли участие 92 учащихся: 45 девочек и 47 мальчиков, которые не входили в группу детей, нуждающихся в специальных условиях обучения. Для оценки биологического развития детей использовались комплексные методики, учитывающие как состояние морфофункционального и физического развития организма, так и соответствие паспортного возраста ребенка уровню биологического развития. Результаты показали, что дети поступают в школу, будучи не готовыми к обучению (при приеме учитывается определенный порог возраста ребенка). Прием ребенка в школу осуществляется без учета уровня его биологического развития, взаимосвязи морфофункциональных и психофизиологических показателей, а также соотношения указанных показателей, биологического и хронологического возраста. Результаты исследования свидетельствуют о необходимости определения уровня биологического развития ребенка дошкольного возраста перед поступлением в школу. Дети одного и того же возраста, не нуждающиеся в специальных условиях обучения, могут различаться по различным психосоциальным, адаптационно-физическим и биологическим показателям. Эти показатели развития могут соответствовать или не соответствовать календарному возрасту.

Determining the Correspondence Between the Biological and Chronological Age of Primary School Children in Several Schools in Vanadzor

*Karyan Shushan,
Manukyan Tatevik*

Summary

Key words. *Philippine test, regression scale, disharmonious and disproportionate development, somatometric deviations, age correspondence*

This article examines an attempt was made to assess the correspondence between the chronological and biological age of first-grade students (aged 5.9 to 6.5) in primary schools No. 1 and 3 in the city of Vanadzor. The study involved 92 students – 45 girls and 47 boys – who did not belong to the group of children requiring special education conditions. To assess children's biological development, a comprehensive set of methods was used. These methods considered both the state of the body's morphofunctional and physical development, as well as the alignment between the child's chronological (passport) age and their level of biological development. The results revealed that children often begin school without being biologically ready for learning. Admission does not take into account the child's level of biological development, the interrelation of morphofunctional and psychophysiological indicators, or the correlation between these indicators, their biological and chronological age. The findings indicate the importance of assessing the biological development level of preschool-aged children before they start school. Children of the same chronological age, who do not require special education conditions, may differ significantly in terms of psychosocial, adaptive-physical, and biological indicators. These developmental indicators may or may not align with their calendar age.

Ներկայացվել է 15. 04. 2025 թ.

Գրախոսվել է 05. 05. 2025 թ.

Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025թ.

ՄԱՆԿԱՎԱՐԺՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ
ՄԵԹՈԴԻԿԱ

ПЕДАГОГИКА И
МЕТОДИКА

PEDAGOGY AND
METHODOLOGY

**Ավագ դպրոցում քիմիայից լրացուցիչ նյութերի տրամադրումը որպես
ուսուցման արդյունավետության բարձրացման միջոց**

*Ավանեստվա Նելլի,
Հովսեփյան Անժելա,
Կոծինյան Տաթևիկ*

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-102>

***Հանգուցային բառեր.** ֆենոլներ, գունավոր ռեակցիաներ, լույսի քվանտ, արոմատիկ միացություններ, կոմպլեքսագոյացում, երկայթի (III) քլորիդ, քրոմոֆոր, գուգորդած կապեր*

Նախաբան

Քիմիայի ուսուցման գործընթացում լաբորատոր փորձերը կարևոր տեղ են զբաղեցնում: Դրանք հնարավորություն են տալիս աշակերտին դիտել, ուսումնասիրել, ճանաչել, հիշել, կիրառել, բացահայտել և, վերջապես, ստանալ արդյունք: Երբեմն լաբորատոր փորձերն այնքան են հետաքրքրում աշակերտին, որ նա սկսում է ինքնուրույն պրպտել և գտնել նոր տեղեկություններ նյութի կամ երևույթի մասին: Այս տեսակետից հետաքրքիր է իրականացնել և ուսումնասիրել մի շարք գունային փոփոխությամբ ընթացող որակական ռեակցիաները:

Որակական ռեակցիաները հնարավորություն են տալիս որոշակի մոլեկուլների, իոնների, ֆունկցիոնալ խմբերի հայտնաբերումը հետազոտվող նմուշում: Այս ռեակցիաներն ուղեկցվում են արտաքին ազդակներով: Դրանք են՝ գույնի փոփոխությունը, բոցի գունավորումը, նստվածքի առաջացումը, ջերմության անջատումը կամ կլանումը: Գույնի փոփոխությամբ ընթացող ռեակցիաներն այլ կերպ անվանում են գունավոր ռեակցիաներ: Կիրառելով գունավոր ռեակցիաներ՝ կարելի է հայտնաբերել և ուսումնասիրել մի շարք անօրգանական և օրգանական նյութերի հատկությունները [11]:

Բսկ ինչո՞վ է պայմանավորված նյութի գույնը: Ուսումնասիրելով գույնի տեսության սկզբունքները՝ հնարավոր է հասկանալ, թե ինչո՞ւ անգույն աղը կարող է փոխել իր գույնը՝ լուծելով ջրում կամ այլ լուծիչում, ինչո՞ւ է գործվածքը գունաթափվում արևի լույսի տակ, ինչո՞ւ է հայտնաբերվում փոխում իր գույնը՝ կախված միջավայրից և այլ երևույթներ: Գույնի տեսության գլխավոր սկզբունքը հետևյալն է. գույնը առաջանում է լույսի քվանտի և էլեկտրոնների փոխազդեցության հետևանքով: Նյութի գույնը որոշվում է մոլեկուլում էլեկտրոնների դասավորվածությամբ: Ցանկացած նյութ ունի գույն, քանի որ կլանում է որոշակի երկարության ալիքներ: Սակայն մարդու համար տեսանելի են բավականին նեղ տիրույթում ընկած ալիքները՝ 400-750 նմ երկարության ալիքները [9, 65]:

Ավագ դպրոցում քիմիայից խորացված ուսուցմամբ դասարաններում ֆենոլների և նրանց ածանցյալների գունավոր ռեակցիաներին վերաբերվող հարցեր քննարկելիս կարելի է չբավարարվել այն սուղ տեղեկություններով, որոնք առկա են քիմիայի 11-րդ դասարանի դասագրքում, այլ կարելի է այդ թեմային առնչվող

լրացուցիչ տեղեկություններ տալ ինչպես քիմիայից, այնպես էլ ֆիզիկայից: Այդ դեպքում հնարավորություն է առաջանում ոչ միայն համապատասխան դասաթեման դարձնել առավել ամբողջական, այլ նաև իրականացնել միջառարկայական կապեր ֆիզիկայի և քիմիայի միջև:

Աշխատանքի նպատակն է ցույց տալ, թե ինչպես կարելի է բարձրացնել ավագ դպրոցում քիմիայի որոշ դասաթեմաների ուսուցման արդյունավետությունը՝ այդ թեմայից լրացուցիչ նյութերի տրամադրման միջոցով: Որպես օրինակ հոդվածում քննարկված են ֆենոլների և նրանց ածանցյալների գունավոր ռեակցիաներին վերաբերվող հարցերը:

Դասավանդման փորձը ցույց է տալիս, որ ավագ դպրոցում որևէ առարկայից խորացված ուսուցման ժամանակ անհրաժեշտ է լինում սովորողներին ներկայացնել լրացուցիչ նյութեր՝ անհրաժեշտության դեպքում այն գուգակցելով միջառարկայական կապերով: Վերջինս թույլ է տալիս էապես բարձրացնել ուսուցման արդյունավետությունը և այն դարձնել առավել հետաքրքիր:

Տարբեր գույների զգացողությունն առաջանում է առանձին ալիքների ներգործությունից: Արևի լույսն իր մեջ պարունակում է ծիածանի բոլոր գույները, որոնց համապատասխանում են տարբեր երկարության լուսային ալիքներ: Սովորաբար նյութի գույնը որոշվում է այն ալիքի երկարությամբ, որը գերակշռում է անդրադարձման ժամանակ: Եթե լուսային ալիքների էներգիան նույն չափով է կլանվում կամ անդրադարձվում, ապա մեզ թվում է, որ նյութը սպիտակ է կամ անգույն: Եթե նյութը ամբողջությամբ կլանում է ալիքները, ապա այն թվում է սև: Երբ տեսանելի սպեկտրից պակասում են որոշ ալիքներ, առաջանում է լրացուցիչ գույնի զգացողություն: Նյութը գունավորված է, եթե ընտրողաբար կլանում է սպիտակ լույսի բաղադրիչները: Այդ դեպքում անցնում կամ անդրադարձվում են չկլանված ճառագայթները և առաջացնում լրացուցիչ գույնի զգացողություն (աղյուսակ 1):

Աղյուսակ 1

Նյութի գույնի կախվածությունը ալիքի երկարությունից

Ալիքի երկարությունը, նմ	Կլանված լույսի գույնը	Նյութի գույնը
400-435	Մանուշակագույն	Դեղնականաչ
435-480	Կապույտ	Դեղին
480-500	Երկնագույն	Նարնջագույն
500-580	Կանաչ	Կարմիր
580-595	Դեղին	Մանուշակագույն
595-605	Նարնջագույն	Կապույտ
605-750	Կարմիր	Երկնագույն

Էլեկտրոնների շարժունակությունը, ընդունակությունը տեղափոխվել մեկ օբյեկտից այլ օբյեկտ, մեկ ատոմից այլ ատոմ, պայմանավորում են գույնի առաջացումը [4, 12]:

Այսպիսով, այն, ինչ մենք անվանում ենք գույն, արդյունք է ֆիզիկական և քի-

միական երևույթների՝ լույսի փոխազդեցությանը նյութի մոլեկուլների կամ ատոմների հետ և նյութից անդրադարձվող ալիքների ազդեցությունը մեր աչքերի ցանցաթաղանթի վրա: Մակայն էլեկտրոնների վիճակը մետաղներում և ոչ մետաղներում, անօրգանական և օրգանական նյութերում տարբեր են, հետևապես այդ նյութերում գույնի առաջացման մեխանիզմը նույնպես տարբերվում է: Լույսի ընտրողական կլանումը կախված է նյութի կառուցվածքից [10, 52]:

Մետաղների համար կարևոր է բյուրեղացանցի կանոնավոր դասավորվածությունը և էլեկտրոնների ազատ տեղաշարժվելու հնարավորությունը: Երբ մետաղի վրա ընկնում են լույսի ճառագայթներ, տեղի է ունենում արտացոլում և մետաղի գույնը պայմանավորվում է անդրադարձած ալիքի երկարությամբ: Օրինակ, սպիտակ փայլը, որը բնորոշ է ալյումինին և ցինկին, պայմանավորված է տեսանելի ճառագայթների գրեթե ամբողջ սպեկտրի արտացոլմամբ: Ոսկին ունի դեղնակարմրավուն գույն, քանի որ կլանում է կապույտ և մանուշակագույն ճառագայթները, իսկ մագնեզիումը սև է, ինչը նշանակում է, որ այն կլանում է ճառագայթների ամբողջ սպեկտրը [9, 78]:

Ոչ մետաղներում գույնի փոփոխությունը նույնպես կախված է կառուցվածքից, ինչով և պայմանավորված է ածխածնի, ֆոսֆորի, ծծմբի ալոտրոպ ձևափոխությունների տարբեր գունավորումը:

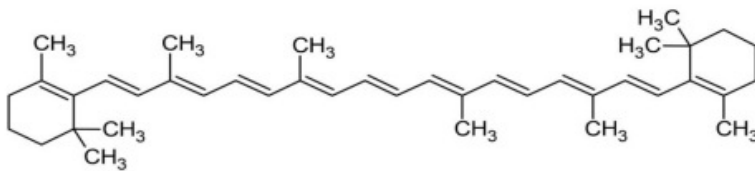
Անօրգանական նյութերի մոլեկուլների և իոնների կլանումը հետևանք է էլեկտրոնների էներգիայի մեծացման, սովատացման և բևեռացման աստիճանների փոփոխման: Այս դեպքում գույնը պայմանավորված է էլեկտրոնների տեղափոխվելու հնարավորությամբ մեկ օրբիտալից մեկ այլ ազատ օրբիտալ: Այստեղ կարևոր է արտաքին էլեկտրոնային մակարդակի կառուցվածքը: Դրանով է պայմանավորված, որ երկրորդային ենթախմբի մետաղների կատիոնները, որոնք ունեն թափուր d-օրբիտալ, գունավոր են [2, 93]:

Օրգանական նյութերում գույնի առաջացումը տեղի է ունենում այլ մեխանիզմով, որին ավելի մանրամասն կանդրադառնանք հոդվածում:

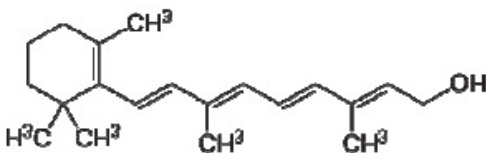
Հոդվածի բովանդակությունը

Ուսումնասիրելով մի շարք օրգանական նյութերի գույնը՝ 1869 թ. Օ. Վիտն առաջարկել է քրոմոֆորային տեսությունը, համաձայն որի՝ գույնը պայմանավորված է գույնի առաջացման համար պատասխանատու քրոմոֆոր խմբերի առկայությամբ: Դրանք են $-C=O$, $-C=N$, $-N=N$, $-C=C$ և այլն: Բսկ ատոքստքրոմոներ՝ $-OH$, $-SH$, $-NH_2$, $-OC_6H_5$ խմբերը ուժեղացնում են նյութի գունավորման աստիճանը [4, 15]:

Երկրորդ կարևորագույն գործոնը, որն ազդում է նյութի գունավորման վրա, զուգորդված կրկնակի կապերի առկայությունն է մոլեկուլում: Ընդ որում, որքան երկար է զուգորդված շղթան, այնքան, որպես կանոն, ավելի գունավորված է նյութը: Եթե $C_6H_5-CH=CH-C_6H_5$ ստիլբենը անգույն է, ապա $C_6H_5-(CH=CH)_2-C_6H_5$ դիֆենիլհեքսատրիենը դեղին է, իսկ $C_6H_5-(CH=CH)_6-C_6H_5$ դիֆենիլդեկադեկահեքսաեն նարնջագույն է [7]:



ա

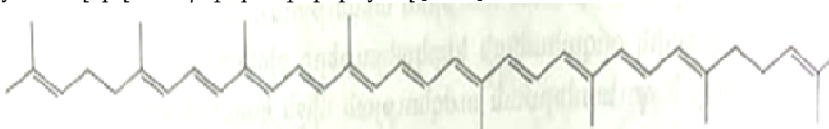


բ

Նկար 1. ա) β -կարոտինի, բ) ռետինոլ (վիտամին A)

Դա իր արտահայտությունն է գտել նաև բնական նյութերի, ինչպես նաև մրգերի և բանջարեղենի գունավորման մեջ: Այսպես, մրգերի և բանջարեղենի վառ կարմիր կամ նարնջագույն գույնը պայմանավորված է π -կապերի երկար զուգորդված շղթաների առկայությամբ: Օրինակ՝ գազարի նարնջագույն լինելը բացատրվում է նրա մեջ β -կարոտինի՝ վիտամին A-ի նախավիտամինի առկայությամբ:

Նույնը կարելի է ասել ձմերուկի, լոլիկի կարմիր գույնի մասին, որը պայմանավորված է ψ -կարոտինի գույնով [1, 12]:



Նկար 2. ψ -կարոտինի

Ի տարբերություն ոչ հագեցած օրգանական նյութերի, հագեցած օրգանական նյութերի մեծ մասը անգույն է: Այստեղ ատոմները միմյանց միանում են շնորհիվ σ -կապերի: Էլեկտրոնները մնում են նույն էներգետիկ մակարդկում, քանի որ զրգրված վիճակի անցնելու համար անհրաժեշտ է մեծ քանակությամբ էներգիա: Դա է պատճառը, որ հագեցած ածխաջրածինները կլանում են մանուշակագույն ճառագայթները և գունավորված չեն:

Գունավորման համար ոչ պակաս կարևոր է նաև ածխածնային շղթայի բևեռացում, այսինքն՝ մոլեկուլի տարբեր հատվածներում դրական և բացասական լիցքերի առաջացումը:

Ի տարբերություն ալիֆատիկ ածխաջրածինների՝ արոմատիկ և հետերոցիկլիկ միացությունները պարունակում են փակ զուգորդված օղակներ: Այս միացություններում π -էլեկտրոններն առաջացնում են ընդհանուր էլեկտրոնային ամպ:

Արոմատիկ միացություններում π -էլեկտրոնների թվի մեծացումը բերում է գույնի առաջացմանը, քանի որ տեղի է ունենում գրգռման էներգիայի փոքրացում, և կլանումը տեղաշարժվում է երկարալիքային տիրույթ [8, 35]: Դրա օրինակներից է պոլիֆենոլի գունավորումը, որը կախված է նաև միջավայրից: Պոլիօքսիարիլենների լուծույթները, որոնք ունեն մուգ շագանակագույն կամ սև գույն, իներտ միջավայրում աղաթթվի ներկայությամբ նստեցնելիս առաջացնում են նրբադիսպերս սպիտակ կախույթ: Ժամանակի ընթացքում պոլիմերը անջատվում է նստվածքի ձևով և ձեռք է բերում իր նախկին գույնը: Այդ երևույթը բացատրվում է այն հանգամանքով, որ կախույթի առաջացման ժամանակ խախտվում է π - և p -էլեկտրոնների ապատեղայնացումը, որով պայմանավորվում է պոլիմերի գունավորումը: Հետագայում էլեկտրոնային ամպը նորից ապատեղայնացվում է, և նյութը ձեռք է բերում իր նախնական գույնը [5, 137]:

Գույնի փոփոխություն նաև նկատվում է, երբ տեղի է ունենում օրգանական նյութի փոխազդեցությունը երկրորդական ենթախմբի մետաղի իոնի հետ: Այս դեպքում առաջանում են կայուն կոմպլեքս միացություններ, որոնց գույնը կախված է լիգանդի և կոմպլեքսագոյացնողի տեսակից: Մետաղը տրամադրում է դատարկ d -օրբիտալ, իսկ օրգանական նյութի ատոմը, սովորաբար ազոտը կամ թթվածինը իր գույգ էլեկտրոնները, որի հետևանքով տեղի է ունենում գունային փոփոխություն: Օրինակ դեղին ալիգարինը տարբեր մետաղների հետ առաջացնում է տարբեր գույն ունեցող կոմպլեքս միացություններ. Al^{3+} -ի հետ՝ կարմիր, Cr^{3+} ՝ գորշ, Fe^{3+} ՝ մանուշակագույն [2, 56]:

Այսպիսով, որպեսզի օրգանական նյութը գունավորվի, կարևոր են հետևյալ պայմանները՝

- գուգորդված կապերի առկայությունը, ընդ որում կրկնակի կապերը կարող են առաջանալ ոչ միայն ածխածնի ատոմների միջև,
- քրոմոֆոր և աուքսոքրոմ խմբերի առկայությունը,
- արոմատիկ օղակների առկայությունը,
- կոմպլեքս միացության առաջացման հնարավորությունը,
- բևեռնացման հատկությունը, որը նկատվում է, երբ գուգորդված շղթայի ծայրերում գտնվում են տեղակալիչներ, որոնք նպաստում են էլեկտրոնների տեղափոխմանը,
- օրգանական նյութի մոլեկուլում ատոմները պետք է դասավորված լինեն նույն հարթությունում:

Այս բոլոր գործոնները հանգեցնում են նրան, որ լույսի քվանտը ազդում է մոլեկուլում էլեկտրոնների համակարգի վրա, և էլեկտրոնը ձեռք է բերում լրացուցիչ էներգիա: Այս էներգիայի մի մասը ծախսվում է մոլեկուլի շարժման և տարածման վրա, իսկ մեծ մասը ծախսվում է էլեկտրոնների գրգռված վիճակի անցնելու վրա:

Հետազոտության մեթոդները, փորձարարական վերլուծությունը և արդյունքները

Մեր կողմից իրականացվել և ուսումնասիրվել են ֆենոլի, բազմատոմ ֆենոլների և նրանց ածանցյալների կոմպլեքսագոյացման ռեակցիաները երկաթի (III) քլորիդի հետ: Դասագրքերում այս ռեակցիաների վերաբերյալ տրված են սուղ

տեղեկություններ: «Քիմիա» 11 դասագրքում ուղղակի նշված է «Ֆենոլի հայտնաբերման համար հաճախ օգտագործում են դրա ռեակցիան FeCl_3 -ի հետ, որի հետևանքով առաջանում է մանուշակագույն համալիր միացություն»:

Գունային փոփոխությունների պատճառները ուսումնասիրելու նպատակով պատրաստվել են՝

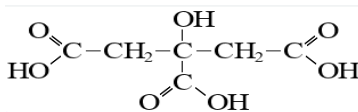
- ֆենոլի, ռեզորցինի, պիրոկատեխինի, հիդրոխինոնի, պիրազալի, կաթնաթթվի, կիտրոնաթթվի 1 %-անոց ջրային լուծույթներ,
- α - և β - նաֆտոլի, սալիցիլաթթվի, ասպիրինի, սալոլի, վանիլինի, պարացետամոլի 1 %-անոց սպիրտային լուծույթներ,
- երկաթի (III) քլորիդի 1 %-անոց ջրային լուծույթ:

2-3 մլ հետազոտվող լուծույթին ավելացրել ենք 1 մլ երկաթի (III) քլորիդի լուծույթ և հետևել գունային փոփոխությանը:

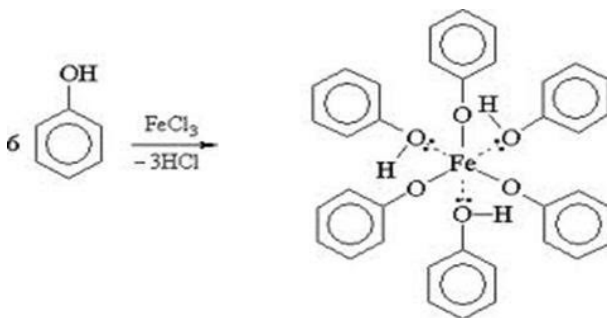
Աղյուսակ 2-ում ներկայացված են մի շարք հետազոտվող օրգանական նյութերի և երկաթի (III) քլորիդի փոխազդեցության հետևանքով գունային փոփոխությունները:

Աղյուսակ 2

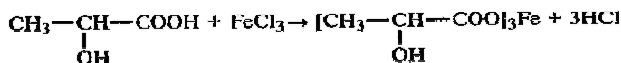
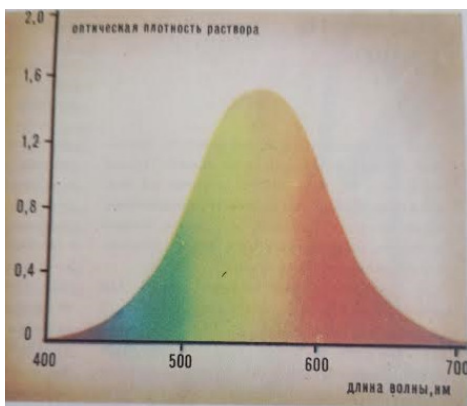
Գունային փոփոխությունները

Օրգանական նյութ	Կառուցվածք	Վերջնական գույնը
Բենզոլ		չի փոխվում
Ֆենոլ		մանուշակագույն
Պրոպանաթթու	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$	չի փոխվում
Կաթնաթթու	$\text{H}_3\text{C} - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$	դեղնականաչ
Պենտանաթթու	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{O-H} \end{array}$	չի փոխվում
Կիտրոնաթթու		դեղնականաչ

Չնայած նրան, որ բենզոլի մոլեկուլում էլեկտրոնային ամպերը ապատեղայնացված են, սակայն այդ հանգամանքը բավարար չէ, որ փոխազդելով FeCl_3 -ի հետ՝ առաջացնի կոմպլեքս միացություն: Ի տարբերություն բենզոլի, ֆենոլն առաջացնում է մանուշակագույն կոմպլեքս (նկար 3, 4):



Նկար 3. Ֆենոլի հայտնաբերման որակական ռեակցիան

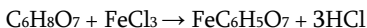


Նկար 4. Կոմպլեքս միացության կլանման սպեկտրը

Համեմատելով բենզոլի և ֆենոլի կառուցվածքը՝ կարելի է եզրակացնել, որ գունային փոփոխությունը տեղի է ունենում շնորհիվ քրոմոֆորային -OH խմբերի և կոմպլեքսագոյացման [6, 57]: Դրա ապացույցն է պրոպիլոնաթթու-կաթնաթթու, պենտանաթթու-կիտրոնաթթու զույգերի համեմատությունը: Պրոպանաթթուն և

պենտանաթթուն չեն առաջացնում կոմպլեքս միացություններ FeCl_3 -ի հետ, քանի որ դրանց մոլեկուլներում բացակայում են էլեկտրոդոնոր խմբեր, իրենք ունեն շատ թույլ կոորդինացիոն ունակություն:

Կաթնաթթուն և կիտրոնաթթուն առաջացնում են երկաթի լակտատ և ցիտրատ.

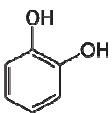
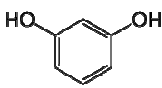
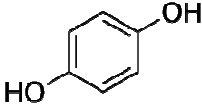
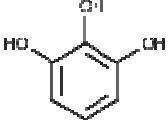


Ռեակցիաների արգասիքների վերլուծությունը վկայում են $-\text{OH}$ խմբի քրոմոֆորային բնույթի և կոմպլեքսագոյացման մասին:

Նյութի գույնը կախված է ոչ միայն էլեկտրոնների ապատեղայնացումից, քրոմոֆորային խմբերի առկայությունից, այլ նաև դրանց դիրքից և քանակից:

Աղյուսակ 3

Բազմատոմ ֆենոլների և Fe^{3+} իոնի կոմպլեքսների գույները

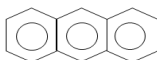
Բազմատոմ ֆենոլներ	Կառուցվածքը	Գույնը
Պիրոկատեխին		կանաչ
Ռեզորցին		մանուշակագույն
Հիդրոխինոն		դեղին
Պիրրազալոլ		կարմիր

Հիդրոխինոնը սկզբում գունավորվում է կանաչ, որը շատ արագ վեր է անվում դեղին խինոնի: Կանաչ գունավորումը վկայում է, որ հիդրոխինոնը արագ օքսիդանում է՝ առաջացնելով միջանկյալ նյութ՝ խինհիդրոն: $\text{O}-$, $\text{H}-$, $\text{H}-$ $-\text{OH}$ խմբերի դիրքից կախված տեղի է ունենում գույնի բարձրացում, այլ կերպ՝ գիպտոքրոմային տեղաշարժ: Նման երևույթ նկատվում է և պիրազալոլի դեպքում, որը պարունակում է 3 $-\text{OH}$ խումբ:

Մեր կոմից ուսումնասիրված են նաև մի քանի արոմատիկ օղակ պարունակող ֆենոլները: Հայտնի է, որ արոմատիկ օղակների ավելացումը բերում է գույնի խտացման [7, 439]:

Օրինակ՝

անտրացենը՝



անգույն է,

տետրացենը



նարնջագույն է,

պենտացենը



կապույտ է և այլն:

Հարց է առաջանում, թե ինչպես իրենց կոդսուորեն բազմակորիզ ֆենոլները: Ուսումնասիրել ենք α - և β - նաֆթոլների ռեակցիաները FeCl_3 -ի հետ:

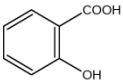
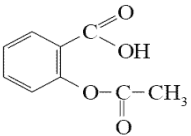
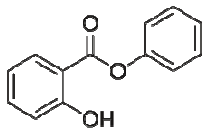
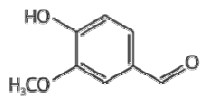
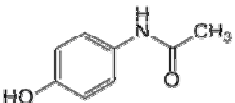
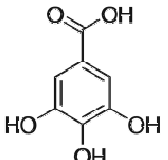
α -նաֆթոլը՝  տալիս է մանուշակագույն գունավորում, իսկ

β -նաֆթոլը՝ , սկզբում տալիս է կանաչ գունավորում, իսկ հետագայում անջատվում է սպիտակ նստվածք: Այս փորձերը նույնպես վկայում են, որ $-\text{OH}$ խմբի դիրքը ազդում է ռեակցիայի ընթացքի վրա [3, 148]:

Ֆենոլների ածանցյալները կիրառում են որպես դեղամիջոցներ և մտնում են մի շարք սննդամթերքների բաղադրության մեջ: Որպես ֆենոլների ածանցյալներ ուսումնասիրել ենք սալիցիլաթթուն, ացետիլսալիցիլաթթուն, սալոլը, տանինը, վանիլինը և պարացետամոլը, որոնց գունային փոփոխությունները ներկայացված են աղյուսակ 4-ում:

Լրացուցիչ ֆունկցիոնալ խմբերի առկայությունը ազդում է կոմլեքսագոյացման մեխանիզմի վրա, ինչը երևում է աղյուսակ 4-ում: Սալիցիլաթթուն, որը պարունակում է ազատ $-\text{OH}$ խումբ, առաջացնում է մանուշակագույն կոմպլեքս: Սալոլը՝ սալիցիլաթթվի և ֆենոլի բարդ եթերը, նույնպես ունի ազատ $-\text{OH}$ խումբ և առաջացնում է մանուշակագույն կոմպլեքս միացություն, սակայն ասպիրինը՝ սալիցիլաթթվի և քացախաթթվի բարդ եթերը, որը չի պարունակում ազատ $-\text{OH}$ խումբ, չի փոխում իր գույնը: Վանիլինը՝ 3-մեթօքսի-4-հիդրօքսիբենզալդեհիդը գունավորվում է նույնպես մանուշակագույն, իսկ պարացետամոլը՝ 4-հիդրօքսի ֆենիլացետամիդ, գունավորվում է կանաչ: Հավանական է՝ այստեղ գույնի փոփոխությունը կախված է նաև $-\text{NH}$ քրոմոֆորային խմբի առկայությամբ: Տանինը ստացել ենք կադնու կեղևի թուրմից: Այն իրենից ներկայացնում է գալաթթվի բարդ եթերների խառնուրդ, որոնք պարունակում են մեծ թվով $-\text{OH}$ խմբեր: Դեռ հին ժամանակներում մի շարք բույսեր, որոնք պարունակում են տանիններ, օգտագործել են թանաք ստանալու համար, իսկ 19-րդ դարում՝ Fe^{3+} իոնների հայտնաբերման համար [3, 148]:

Գունային փոփոխությունները ֆենոլի ածանցյալների կոմպլեքսներում

Ֆենոլի ածանցյալ	Կառուցվածք	Գույն
Սալիցիլաթթու		մանուշակագույն
Ասպիրին		չի փոխվում
Սալոլ		մանուշակագույն
Վանիլին		մանուշակագույն
Պարացետամոլ		կանաչ
Տանին		մուգ մանուշակագույն

Այսպիսով կարելի է եզրակացնել, որ կոմպլեքս միացությունների առաջացման մեխանիզմը կախված է քրոմոֆորային խմբերի առկայությունից, իրենց դասավորվածությունից, բենզոլային օղակների առկայությունից և քանակից:

Եզրակացություն

Այսպիսով՝ ավագ դպրոցում ֆենոլների և նրանց ածանցյալների գունավոր ռեակցիաների վերաբերյալ լրացուցիչ նյութերի տրամադրումը թույլ է տալիս առավել ամբողջական պատկերացում կազմել դրանց հիմքում ընկած երևույթների վերաբերյալ, դասալրոցեւը դարձնել առավել հետաքրքիր, որը հնարավորություն է տալիս էապես բարձրացնել ուսուցման արդյունավետությունը: Մասնավորապես, սովորողները լրացուցիչ գիտելիքներ են ձեռք բերում թեմայի ուսուցման վերաբերյալ, իրականացվում է միջառարկայական և ներառարկայական կապեր, որոնք ունեն դիդակտիկական կարևոր նշանակություն:

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-102>

Գրականություն

1. Դանագույան Գ., Բազմերանգ արոմատիկություն, Երևան, «Աստղիկ» գրատուն, 2018, էջ 121-125:
2. Պետրոսյան Գ., Ադամյան Ռ., Կոմպլեքս միացություններ, Երևան, ԵՊՀ հրատ., 2023, 164 էջ:
3. Аверина А. В., Снегирева А. Я. Лабораторный практикум по органической химии, Москва: Высшая школа, 1971, - 224 с.
4. Бородкин В. Ф. Химия красителей, Москва: Химия, 1981, - 248 с.
5. Лиюгонький Б. И., Тугов И. И., Вайнштейн Э. Ф., Аванесова Н. Р., Влияние межмолекулярного взаимодействия на формирование свойств полисопряженных систем, Докл АН СССР т. 292, N1, 1987, с. 137-141.
6. Паравян Н.А. Что же там происходит? Химия и жизнь, №3, 197, с. 57-58.
7. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия, Москва: Высшая школа., 1981, - 592 с.
8. Тюкавкина Н. А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия, Москва: Медицина, 1985, -480 с.
9. Фадеев Г. Н., Химия и цвет, Москва: Просвещение, 1986, - 145 с.
10. Шульпин Г. Б. Эта увлекательная химия, Москва: Химия, 1984, с. 144-155.
11. <https://www.imdproc.am/p/qimia19-9> (24.03.25)

Предоставление дополнительных материалов по химии в старших классах как средство повышения эффективности обучения

*Аванесова Нелли,
Овсебян Анжела,
Коцинян Татевик*

Резюме

Ключевые слова: квант света, ароматические соединения, комплексообразование, хлорид (III) железа, хромофор, сопряженные связи

Качественные реакции дают возможность определить присутствие определенных молекул, атомов, ионов в исследованном образце. К данным реакциям относятся и известные реакции. Для возникновения того или иного цвета имеет значение состояние системы электронов, охватывающей всю молекулу в целом. Причем механизм образования цвета в неорганических и органических соединениях разный. Данная статья посвящена изучению изменения цвета органических соединений: в частности, процессам комплексообразования фенолов и их производных с хлористым железом. В статье изложены основные принципы теории цветности, рассмотрена зависимость изменения цвета от ряда факторов: структуры вещества, присутствия хромофорных и ауксохромных групп, сопряженных связей, ароматических колец. Рассмотренные факторы, которые влияют на ход протекания реакций комплексообразования и цвет образующихся комплексов. Показана главенствующая роль хромофорной группы -ОН в образовании цвета комплекса. Цвет комплексного соединения также зависит от количества хромофорных групп, их расположения в молекуле, наличия и количества бензольных ядер в исследованных образцах.

Providing Supplementary Materials from Chemistry as a Means of Raising Teaching Effectiveness

*Avanesova Nelly,
Hovsepyan Anzhela,
Kotsinyan Tatevik*

Summary

Key words: *quantum of light, aromatic compounds, complex formation, iron(III) chloride, chromophore, conjugated bonds*

Qualitative reactions allow the determination of the presence of specific molecules, atoms, and ions in a given sample. These reactions include many well-known tests. The state of the electron system – encompassing the entire molecule – is crucial for the manifestation of a particular color. Moreover, the mechanism of color formation differs between inorganic and organic compounds. This article is devoted to studying the changes in the color of organic compounds, particularly the complex formation processes of phenols and their derivatives with iron (III) chloride. The article presents the basic principles of coloration theory and examines how color changes depend on several factors: the substance's structure, the presence of chromophoric and auxochromic groups, conjugated bonds, and aromatic rings. The discussed factors influencing the course of complex formation reactions and the color of the resulting complexes demonstrate the dominant role of the chromophoric –OH group in generating the color of the complex. Furthermore, the color of the complex compound also depends on the number of chromophoric groups, their positions within the molecule, and the presence, the number of benzene rings in the analyzed samples.

Ներկայացվել է 29. 03. 2025 թ.
Գրախոսվել է 02. 05. 2025 թ.
Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025թ.

Խնդիրներ, որոնց լուծումը բերում է դիֆերենցիալ հավասարման

Խաչատրյան Հարիսա

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-115>

Հանգուցային բառեր. *հավասարման տեսակ, լուծման մեթոդ, անկախ և կախյալ փոփոխականներ, նյութի խտություն, ցուցային աճ, նախնական պայման*

Մարդկային գործունեության տարբեր բնագավառներում ծագում են մի շարք խնդիրներ, որոնց լուծումը բերում է դիֆերենցիալ հավասարումների: Մրանց լուծման ժամանակ հիմնական խնդիրը համապատասխան դիֆերենցիալ հավասարումների կազմումն է, որովհետև այստեղ ընդհանուր մեթոդ գոյություն չունի, և յուրաքանչյուր խնդիր պահանջում է առանձնահատուկ մոտեցում: Դիֆերենցիալ հավասարումներ կազմելու վերաբերյալ խնդիրների լուծման ժամանակ լայնորեն օգտագործվում են ածանցյալի երկրաչափական ու ֆիզիկական իմաստները, ինչպես նաև բնական և սոցիալական գիտությունների հայտնի օրենքները: Դիֆերենցիալ հավասարումներ կազմելուց հետո գտնում են այդ դիֆերենցիալ հավասարումների լուծումը, որն իրենից ներկայացնում է թեկուզ և կարևոր, բայց մաքուր տեխնիկական խնդիր:

Դիֆերենցիալ հավասարումներ կազմելիս, հատկապես ֆիզիկական խնդիրներում, հաճախ նպատակահարմար է լինում կիրառել այսպես կոչված դիֆերենցիալների մեթոդը, երբ որոնելի մեծությունների անվերջ փոքր աճերի միջև մոտավոր հարաբերակցությունները, որոնք ճշմարիտ են բարձր կարգի անվերջ փոքրերի ճշգրտությամբ, փոխարինվում են նրանց դիֆերենցիալների միջև համապատասխան հարաբերակցություններով, ինչը չի անդրադառնում արդյունքի վրա:

Դիֆերենցիալ հավասարումները լայն կիրառություն ունեն երկրաչափության, մեխանիկայի, ֆիզիկայի, տեխնիկական և այլ գիտությունների մեջ:

Դիֆերենցիալ հավասարումներով խնդիրների լուծման ստանդարտ ձև գոյություն չունի: Յուրաքանչյուր խնդիր ունի իր ուրույն լուծման եղանակը, որը ցույց կտանք ստորև բերված օրինակներով:

Խնդիր 1 [2, 416]

Անոթում կա 100 լ ջրային խառնուրդ, որը պարունակում է 10 կգ աղ: Անոթի մեջ ջուրը լցվում է 1 ռոպեում 3 լ արագությամբ, և խառնուրդն անոթից դուրս է հոսում 1 ռոպեում 2 լ արագությամբ: Ընդ որում, լուծույթի խտությունը խառնելու միջոցով պահվում է հավասարաչափ: Որքա՞ն աղ կպարունակի անոթը 1 ժամ հետո:

Լուծում: Տվյալ նյութի C խտությունը կոչվում է նրա քանակը ծավալի 1 միավորում: Եթե խտությունը հավասարաչափ է, ապա V ծավալում նյութի քանակը հավասար է CV : Դիցուք t ռոպեից հետո անոթում աղի քանակը x կգ է: Այդ պահին անոթում ջրի քանակը կլինի $100 + t$, և հետևաբար խտությունը 1 լիտրում՝

$$C = \frac{x}{100 + t}:$$

Ժամանակի dt հատվածում անոթից դուրս կհոսի $2dt$ լիտր խառնուրդ, որը

կպարունակի $2Cdt$ կգ աղ: Ուստի աղի քանակի dx փոփոխությունը կրնութագրվի հետևյալ առնչությամբ:

$$-dx = 2Cdt = \frac{2x}{100+t}dt:$$

Հենց սա էլ որոնելի դիֆերենցիալ հավասարումն է:

Անջատելով փոփոխականները և ինտեգրելով՝ կստանանք

$$\ln x = -2 \ln(100+t) + \ln C$$

կամ

$$x = \frac{C}{(100+t)^2}:$$

C հաստատունը կորոշվի այն պայմանից, որ $t=0, x=10$: Այսինքն՝ $C=100000$:

1 ժամ անց անոթում կպարունակվի $x = \frac{100000}{160^2} \approx 3.9$ կգ աղ:

Խնդիր 2 [3, 273]

Նավակը հանգիստ ջրում շարժվում է $V_0 = 20$ կմ/ժ արագությամբ: Որոշել նավակի արագությունը շարժիչն անջատելուց 2 րոպե հետո, եթե 40 վրկ ընթացքում այն նվազել է մինչև $V_0 = 8$ կմ/ժ: Ջրի դիմադրությունը համեմատական է նավակի շարժման արագությանը:

Լուծում: Դիցուք ժամանակի t պահին նավակի շարժման արագությունը հավասար է V : Այդ դեպքում շարժվող նավակի վրա ազդում է $F = -kV$ ջրի դիմադրության ուժը: Բայց Նյուտոնի 2-րդ օրենքի համաձայն՝ $F = ma = m \frac{dV}{dt}$: Հետևաբար (1)-ը կընդունի հետևյալ տեսքը.

$$m \frac{dV}{dt} = -kV \text{ կամ } \frac{dV}{dt} = -\frac{kV}{m},$$

Սա ցուցչային աճի դիֆերենցիալ հավասարում է, ուստի նրա ընդհանուր լուծումը կլինի.

$$V(t) = Ce^{-\frac{kt}{m}}$$

C հաստատունը կգտնենք $V_0 = 20$ կմ/ժ սկզբնական պայմանից.

$$20 = Ce^{-\frac{k}{m}} \Leftrightarrow C = 20: V = 20e^{-\frac{kt}{m}}$$

Գտնենք $e^{-\frac{kt}{m}}$ հաստատունի արժեքը, որի համար օգտվենք այն պայմանից, որ $t = 40$ վրկ = $\frac{1}{90}$ ժամ դեպքում $V_1 = 8$ կմ/ժ

$$8 = 20e^{-\frac{k1}{m90}} \Leftrightarrow e^{-\frac{k}{m}} = \left(\frac{2}{5}\right)^{90}$$

(4)-ի մեջ տեղադրելով $t = 2$ ր = $\frac{1}{30}$ ժամ և $e^{-\frac{k}{m}} = \left(\frac{2}{5}\right)^{90}$ կստանանք որոնելի

արագությունը՝ $V = 20 \left(\left(\frac{2}{5}\right)^{90}\right)^{\frac{1}{30}} = \frac{32}{25} = 1,28$ կմ/ժ:

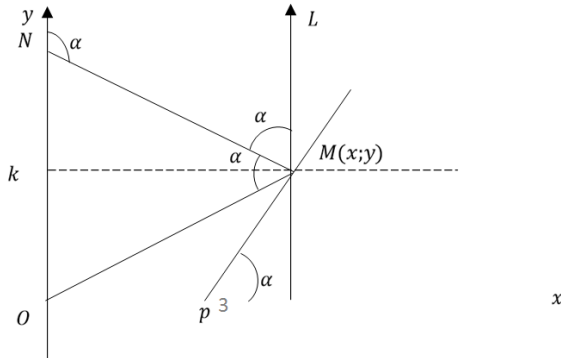
Խնդիր 3 [4, 443]

Որոշել այն հայելու ձևը, որն անդրադարձնում է տրված O կետից ելնող բոլոր ճառագայթները՝ տրված ուղղությամբ զուգահեռ:

Լուծում: Դիտարկենք հայելու հարթ կտրվածքը: Կոորդինատների սկզբնակետը տեղավորենք տրված O կետում, իսկ OY առանցքը ուղղենք տրված

ուղղությանը զուգահեռ: Այդ դեպքում OM ընկնող ճառագայթն է, ML -ը՝ անդրադարձնող ճառագայթը, MN -ը նորմալն է, MP -ն որոնելի կորի շոշափողն է: Քանի որ $\angle OMN = \angle NML$ ապա $ON = OM$, որտեղ $OM = \sqrt{x^2 + y^2}$, $ON = OK + KN = y + \frac{x}{y}$,

(NKM ուղղանկյուն եռանկյունուց գտնում ենք $KN = KM \operatorname{ctg} \alpha = \frac{KM}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{x}{y}$):



Չճապատկեր 1.

Ուստի $\sqrt{x^2 + y^2} = y + \frac{x}{y}$ կամ $\sqrt{x^2 + y^2} = y + x \frac{dx}{dy}, \frac{dx}{dy} = \frac{\sqrt{x^2 + y^2} - y}{x}$;

$$\frac{dx}{dy} = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{x}{y}\right)^2} - 1}{x} \quad (1)$$

Սա առաջին կարգի դիֆերենցիալ հավասարում է:

Նշանակենք $\frac{x}{y} = u$, $x = uy$, $\frac{dx}{dy} = u + \frac{du}{dy}$ y : Այդ դեպքում (1)-ը կընդունի հետևյալ տեսքը.

$$u + yu, \quad x = uy, \quad \frac{dx}{dy} = u + \frac{du}{dy} y \quad (2)$$

Ձևափոխություններից և փոփոխականների անջատումից հետո կստանանք՝

$$\frac{u du}{\sqrt{1 + u^2} - (1 + u^2)} = \frac{dy}{y}:$$

Նշանակենք $(1 + u^2) = z^2$, դիֆերենցենք $2u du = 2z dz$ կստանանք $\frac{z dz}{z(1-z)} = \frac{dy}{y}$ կամ $\frac{dz}{1-z} = \frac{dy}{y}$

Ինտեգրենք, կստանանք. $-\ln(z - 1) = \ln y + \ln C \Rightarrow Cy = \frac{1}{z-1}$: Քանի որ $z^2 = 1 + u^2 = 1 + \frac{x^2}{y^2} = \frac{y^2 + x^2}{y^2}$ ապա $Cy = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2} - y}$ կամ $\sqrt{x^2 + y^2} - y = \frac{1}{C} = C_1$, որը ձևափոխելուց հետո կստանանք $y = \frac{x^2 - C_1^2}{2C_1}$ (պարաբոլ), որը (2) համասեռ հավասարման ընդհանուր լուծումն է: Ստացանք, որ հայելու ցանկացած հարթ հատվածը պարաբոլա է:

Խնդիր 4 [3, 270]

Կոնդեսատորը, որի ունակությունը Q է, միացված է E լարում և R դիմադրություն ունեցող շղթային: Որոշել կոնդեսատորի $q(t)$ լիցքը ժամանակի t պահին, եթե ժամանակի սկզբնական պահին այն հավասար է 0-ի:

Լուծում: Եթե ժամանակի t պահին կոնդեսատորի լիցքը հավասար է $q(t)$, ապա ժամանակի այդ պահին I հոսանքը հավասար է $\frac{dq}{dt}$: Իսկ E էլեկտրաշարժ ուժը հավասար է շղթայի U լարման և կոնդեսատորի $\frac{q}{Q}$ լարման տարբերությանը, այսինքն՝ $E = U - \frac{q}{Q}$: Օհմի օրենքի համաձայն՝ $I = \frac{E}{R}$, որտեղից՝

$$\frac{dq}{dt} = \frac{U - \frac{q}{Q}}{R} \text{ կամ } \frac{dq}{dt} + \frac{q}{QR} = \frac{U}{R}$$

Հավասարումը առաջին կարգի գծային դիֆերենցիալ հավասարում է: Նրա լուծման համար ներմուծենք $q = zv$ տեղադրումը, որտեղից՝ $\frac{dq}{dt} = z \frac{dv}{dt} + v \frac{dz}{dt}$

Հավասարումը կրնդունի հետևյալ տեսքը

$$z \frac{dv}{dt} + v \left(\frac{dz}{dt} + \frac{z}{QR} \right) = \frac{U}{R}$$

Գտնենք $\frac{dz}{dt} + \frac{z}{QR} = 0$ պայմանին բավարարող Z ֆունկցիան, այդ դեպքում հավասարումը կրնդունի հետևյալ տեսքը

$$z \frac{dv}{dt} = \frac{U}{R}, \quad \frac{dz}{z} = -\frac{dt}{QR}:$$

Ինտեգրենք, կստանանք $\ln z = -\frac{t}{QR}$ կամ $z = e^{-\frac{t}{QR}}$ որտեղից՝

$$e^{-\frac{t}{QR}} \frac{dv}{dt} = \frac{U}{R} \Leftrightarrow dv = \frac{U}{R} e^{\frac{t}{QR}} dt$$

$v = \int \frac{U}{R} e^{\frac{t}{QR}} dt \Rightarrow v = \frac{U}{R} Q R e^{\frac{t}{QR}} + C$ կամ $v = Q U e^{\frac{t}{QR}} + C$: Այսպիսով՝

$$q = Uv = e^{-\frac{t}{QR}} \left(Q U e^{\frac{t}{QR}} + C \right) \Rightarrow Q U + C e^{-\frac{t}{QR}}:$$

C հաստատունը $t = 0$ դեպքում $q = 0$ պայմանից՝ $0 = Q U + C e^0 \Leftrightarrow C = -Q U$: Այստեղից

$$q = Q U - Q U e^{-\frac{t}{QR}} = Q U \left(1 - e^{-\frac{t}{QR}} \right)$$

Այսպիսով՝ ստացանք ժամանակի ցանկացած t պահին կոնդեսատորի լիցքի բանաձևը:

Խնդիր 5 [5, 339]

Ջապանակի երկու ծայրերից կախված են միանման բեռներ: Կազմել շարժման հավասարումը, որը կկատարի այդ բեռներից մեկը, եթե մյուսը պոկվի:

Լուծում:

Դիցուք զսպանակի երկարության աճը հանգստի վիճակում բեռներից մեկի ազդեցության տակ հավասար է a , իսկ բեռի զանգվածը՝ m : x -ով նշանակենք բեռի կոորդինատը՝ հաշված հավասարակշռության դիրքից մեկ բեռի առկայության դեպքում (ուղղաձիգ): Այդ դեպքում

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = mg - k(x + a), \text{ որտեղ } k = \frac{mg}{a}, \text{ հետևաբար } \frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{gx}{a}.$$

Ընդհանուր լուծումը կլինի

$$x = c_1 \cos \sqrt{\frac{g}{a}} t + c_2 \sin \sqrt{\frac{g}{a}} t$$

նախնական պայմաններն են $x = a, \frac{dx}{dt} = 0, t = 0$, որտեղից $c_1 = a, c_2 = a$:

$$\text{Հետևաբար, } x = a \cos \sqrt{\frac{g}{a}} t:$$

Բնդիր 6 [4, 457]

Եթե մարմինը դանդաղ ընկղմվում է ջրի մեջ, ապա նրա V արագությունը և W արագացումը մոտավոր կապված են հետևյալ հավասարումով՝ $W = g - kV$, որտեղ g և k -ն հաստատուններ են: Պարզել անցած S ճանապարհի և t ժամանակի կապը, եթե $t = 0, S = V = 0$:

Լուծում:

Քանի որ $W = \frac{d^2 S}{dt^2}$ և $V = \frac{dS}{dt}$, ապա S -ի և t -ի միջև կապն արտահայտվում է երկրորդ կարգի դիֆերենցիալ, հավասարումով՝ $\frac{d^2 S}{dt^2} = g - k \frac{dS}{dt}$, որը չի պարունակում անհայտ S ֆունկցիա: Տեղադրելով այստեղ $V = \frac{dS}{dt}$ և $\frac{d^2 S}{dt^2} = \frac{dV}{dt}$ կստանանք առաջին կարգի դիֆերենցիալ հավասարում $V(t)$ -ի նկատմամբ. $\frac{dV}{dt} = g - kV$ կամ $\frac{dV}{g - kV} = dt$:

$$\text{Բնտեգրենք, կստանանք } -\frac{1}{k} \ln(g - kV) = t + c_1:$$

$$\text{Որոշենք } c_1\text{-ը՝ հաշվի առնելով, որ } V_0 = 0, -\frac{1}{k} \ln g = c_1:$$

$$\text{Ձևափոխություններից հետո կստանանք } t = \ln \left(\frac{g}{g - kV} \right)^{\frac{1}{k}} \text{ կամ } \frac{g}{g - kV} = x^k \Leftrightarrow V = \frac{dS}{dt} = \frac{g}{k} (1 - e^{-kt}): \text{ Անջատենք փոփոխականները և ինտեգրենք}$$

$$S(t) = \frac{g}{k} \int (1 - e^{-kt}) dt + c_2 \text{ կամ } () = + \frac{g}{k} - + c_2:$$

$$(\mathcal{O}) = \mathcal{O} \text{ նախնական պայմանից որոշենք } \mathcal{O} = \frac{g}{k} + c_2, c_2 = -\frac{g}{k}$$

որտեղից կստանանք որոնելի կապը.

$$() = + \frac{g}{k} (- - t):$$

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-115>

Գրականություն

1. Վալուցե Ի. Ի., Դիլիգով Չ. Դ., Մաթեմատիկա, Երևան, 1986, 495 էջ:
2. Бермант А.Ф., Араманович И.Г. Краткий курс математического анализа, Москва, 1977, 886 с.
3. Демидович Б.П. Задачи и упражнения по математическому анализу, Москва, 1963, 472 с.
4. Дюбюк П. Е. и др. Сборник задач по курсу высшей математики, Москва, 1965, 591 с.
5. Заположец Г.И. Руководство к решению задач по математическому анализу, Москва, 1966, 460 с.

Задачи, решение которых приводит к дифференциальному уравнению

Хачатрян Лариса

Резюме

Ключевые слова: тип уравнения, метод решения, независимые и зависимые переменные, плотность вещества, показательный рост, начальное условие

В работе рассматривается ряд задач, относящихся к различным областям, для решения которых широко используются дифференциальные уравнения. На основе законов данной области составляются соответствующие дифференциальные уравнения. Основной целью исследователя должно быть получение уравнения функциональной зависимости между переменными параметрами заданного процесса. Большинство таких уравнений сводятся к дифференциальному уравнению, которое содержит производные или дифференциалы неизвестной функции. Решить это уравнение (путем интегрирования) – значит получить уравнение, не содержащее производных и дифференциалов, из которого данное уравнение следует как следствие. При решении задач, связанных с составлением дифференциальных уравнений, широко используются геометрический и физический смысл производной, а также известные законы естественных и общественных наук. Формулировка дифференциального уравнения, отвечающего условиям научной или технической задачи, означает, прежде всего, решение о том, какую из переменных в задаче следует считать независимой переменной, а какую – зависимой переменной, а затем нахождение математической связи между переменными величинами и их приращениями. Решение полученного дифференциального уравнения представляет собой важную, но чисто техническую проблему.

Problems, Solutions of which Lead to a Differential Equation

Khachatryan Larisa

Summary

Key words: *equation type, solution method, independent and dependent variables, substance density, exponential growth, initial condition*

The paper considers a number of problems related to various fields, for the solution of which differential equations are widely used. Based on the laws of a given field, the corresponding differential equations are compiled. The main goal of the researcher should obtain an equation of the functional dependence between the variable parameters of a given process. Most of such equations are reduced to a differential equation that contains derivatives or differentials of an unknown function. To solve this equation means to obtain an equation that does not contain derivatives and differentials, from which this equation follows as a consequence. When solving problems related to the compilation of differential equations, the geometric and physical meaning of the derivative, as well as the known laws of natural and social sciences, are widely used. The formulation of a differential equation that meets the conditions of a scientific or technical problem means deciding which of the variables in the problem should be considered an independent variable, and which one should be considered a dependent variable, and then finding a mathematical relationship between the variables and their increments. The solution of the resulting differential equation is an important, but purely technical problem.

Ներկայացվել է 05. 03. 2025 թ.
Գրախոսվել է 27. 03. 2025 թ.
Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025թ.

**STEM կրթությունը ավագ դպրոցում
«Ածխաջրեր» թեմայի դասավանդման ժամանակ**

**Հովսեփյան Վարդուհի,
Մարկարյան Ռաիսա**

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-122>

Հանգուցային բառեր. գլյուկոզ, օսլա, սննդանյութեր, պարզ շաքարներ, կենսաբանություն, քիմիա

Այսօր կրթական գործընթացն անհնար է պատկերացնել առանց դպրոցականների ստեղծագործական կարողությունների զարգացմանը նպաստող նոր, ավելի արդյունավետ տեխնոլոգիաների որոնման [4]: Ժամանակակից կրթական համակարգերը բախվում են արագ փոփոխվող տեխնոլոգիական պայմաններին հարմարվելու անհրաժեշտության: Այս համատեքստում առանձնահատուկ նշանակություն են ստանում ուսուցման մեթոդները STEM կրթության մեջ, քանի որ այն ուղղված է աշակերտների ոչ միայն տեսական գիտելիքների, այլև իրական կյանքում կիրառելի հմտությունների զարգացմանը [10]:

STEM կրթությունը միավորում է չորս ոլորտներ՝ գիտություն (Science), տեխնոլոգիա (Technology), ճարտարագիտություն (Engineering) և մաթեմատիկա (Mathematics)՝ միտելով ստեղծել համապարփակ մոտեցում, որը հնարավորություն է տալիս աշակերտներին տեսնել այս գիտական ոլորտների միջև կապերը և կիրառել դրանք իրական աշխարհի խնդիրների լուծման մեջ:

STEM կրթությունը խոստումնալից և արդյունավետ մոտեցում է աշակերտներին ապագա մարտահրավերներին նախապատրաստելու համար: Գիտության, տեխնիկայի, ճարտարագիտության և մաթեմատիկայի ինտեգրումը կրթական գործընթացին նպաստում է այսօրվա միջավայրում հաջող մասնագիտական կարիերայի համար անհրաժեշտ հմտությունների զարգացմանը [10]:

Ուսուցման մոտիվացիայի զարգացմանը նպաստում են ուսումնական գործընթացի բարելավման բոլոր միջոցները [11].

- բովանդակության թարմացում և միջառարկայական կապերի ամրապնդում, ուսուցման մեթոդների կատարելագործում,
- խնդրահարույց ուսուցման բոլոր տեսակների կիրառում,
- անհատական, կոլեկտիվ և խմբային աշխատանքի տարբեր ձևերի կիրառում և այլն:

Ուսուցման մեթոդները STEM կրթության մեջ հնարավորություն են տալիս բարձրացնել ուսումնական գործընթացի արդյունավետությունը և երաշխավորել պլանավորված ուսումնական արդյունքների ձեռքբերումը: Հիմնական շեշտը դրված է աշակերտի անհատականության և անհատի կրթական մակարդակի ձևավորման համար պայմաններ ստեղծելու վրա: Ուսուցման մեթոդները թույլ են տալիս ուսուցչին տրամաբանական կապեր հաստատել ուսումնասիրվող առար-

կաների միջև, ինչը բարձրացնում է ուսումնական գործընթացի արդյունավետությունը: Բացի այդ, տեղի է ունենում վերապատրաստման տեղափոխում առարկայի վրա, որն ապահովում է ուսանողի մտիվացիոն ոլորտի զարգացումը, խելքը, անկախությունը, կոլեկտիվիզմի զգացումը և նրանց կրթական և ճանաչողական գործունեությունը վերահսկելու և կառավարելու կարողությունը [7]: Այսօր, թե որքանով է հասարակությունը պատրաստ նորարարական տեխնոլոգիաների համատարած ներդրմանը, կախված է յուրաքանչյուր ուսուցիչից, նրա հմտություններից և անձնական հետաքրքրությունից: Երբ ուսուցիչները ստեղծագործական մոտեցում են ցուցաբերում STEM կրթությանը, աշակերտների զարգացման հնարավորություններն անսահման են [11]:

STEM կրթության առավելությունները [6].

- **Քննադատական մտածողության զարգացում** – աշակերտները սովորում են վերլուծել խնդիրներ, գտնել ոչ ստանդարտ լուծումներ և հիմնավորել իրենց եզրակացությունները:
- **Ապագա մասնագիտություններին պատրաստում** – 21-րդ դարում պահանջարկ ունեցող հմտությունների զարգացում:
- **Գիտության և տեխնոլոգիայի նկատմամբ հետաքրքրության աճ**՝ ինտերակտիվ օգտագործման միջոցով ուսուցման մեթոդները ուսուցման գործընթացը դարձնում են ավելի զվարճալի:
- **Գործնական կենտրոնացում** – աշակերտները ձեռք են բերում կիրառման փորձ

տեսական գիտելիքներ իրական պայմաններում:

STEM կրթական գործընթացում ինտեգրելու մեթոդներ.

- **Լաբորատոր աշխատանք և փորձեր** – աշակերտները կատարում են հետազոտություն, մոդելավորում գործընթացները և վերլուծում արդյունքները:
- **Ինժեներական նախագծեր** – աշակերտները մշակում են սարքերի նախատիպերը և ստուգում դրանց կատարումը:
- **Թվային տեխնոլոգիաների կիրառում** – 3D մոդելավորման կիրառում, ռոբոտաշինությունն ու ծրագրավորումն ընդլայնում են ուսուցման հնարավորությունները:
- **Միջառարկայական դասեր**՝ տարբեր առարկաներից գիտելիքների ինտեգրում, որը թույլ է տալիս ձևավորել ամբողջական պատկերացում աշխարհի մասին:

STEM կրթությունը կարող է իրականացվել դասարանում տարբեր ձևերով: Օրինակ, ուսուցիչները կարող են օգտագործել նախագծի վրա հիմնված ուսուցում, նախագծման առաջադրանքներ և հարցումների վրա հիմնված ուսումնական գործողություններ:

«Քիմիա» առարկայի գլխավոր նպատակն է սովորողների մեջ քիմիական գիտելիքների համակարգումը և դրանց կիրառման հմտությունների ձևավորումը,

որպեսզի նրանք դառնան ժամանակակից արագ փոփոխվող հասարակության լիարժեք անդամ և նախապատրաստվեն քիմիային առնչվող հետազոտությունները կամ կարիերային: Դպրոցական քիմիայի ուսումնական ծրագրի բովանդակությունը նպաստում է նյութի մտապահմանը, սակայն չի զարգացնում սովորողների ստեղծագործական մտածողության գործունեությունը: Այս պայմաններում ուսուցիչը պետք է օգտագործի նորարարական մեթոդներ, որոնք բարձրացնում են աշակերտների մոտիվացիան և ինքնավստահությունը՝ առաջացնելով դրական հույզեր և հետաքրքրություն ուսումնական գործընթացի նկատմամբ [5]:

Աշակերտների հետաքրքրությունները քիմիա առարկայի դասավանդման ընթացքում կարող են զարգանալ միայն այն դեպքում, երբ նրանք ակտիվ մասնակցում են նոր նյութի յուրացմանը և ինքնուրույն՝ սեփական պրիզմայի միջով անցկացնելով, են կատարում վերջնական եզրահանգումները [3]: Դասավանդումը պետք է իրականացվի համագործակցության և հետազոտության վրա հիմնված ուսումնառության սկզբունքով, դասավանդող ուսուցիչը դասավանդման և ուսումնառության գործընթացը պետք է հարմարեցնի սովորողների առանձնահատկություններին, նախասիրություններին և կարողություններին, ուստի կարևոր է դասավանդման ընթացքում ուսուցչի ստեղծագործական մոտեցումը տարբերակված ուսուցման տարաբնույթ մարտավարությունները, մեթոդների բազմազանությունը և հետաքրքրությունը, որոնք ուղղակիորեն կապված կլինեն ծրագրի նպատակներին և ակնկալվող վերջնարդյունքներին: Ուսուցչի ստեղծագործական մոտեցումը ենթադրում է ուսուցման նոր մոտեցումների, մեթոդների, հնարների ներդրում, որոնք նպատակ ունեն սովորողների մեջ ձևավորել «Քիմիա» առարկայի նկատմամբ դրական վերաբերմունք և կապահովեն սովորողների ակտիվ մասնակցությունը ուսումնական գործընթացին [5]:

Ավագ դպրոցում ածխաջրերի ուսուցումը կենսաբանության և քիմիայի ուսումնական ծրագրերի կարևոր բաղադրիչն է, քանի որ այն օգնում է աշակերտներին հասկանալ կենսաքիմիական կարևոր գործընթացները և դրանց նշանակությունը առօրյա կյանքում: Դասախոսությունների վրա հիմնված ավանդական մեթոդները երբեմն կարող են չներգրավել ուսանողներին, ուստի անհրաժեշտ են նորարարական և ինտերակտիվ մոտեցումներ՝ ուսումնական ավելի բովանդակալից և հաճելի դարձնելու համար:

Ավագ դպրոցում ածխաջրեր թեմայի շրջանակում աշակերտը պետք է.

- նկարագրի գլյուկոզի խմորման ռեակցիաները և կիրառությունը,
- ներկայացնի և թվարկի էներգիայի աղբյուր հանդիսացող սննդանյութերը (ածխաջրեր, սպիտակուցներ, ճարպեր) և համեմատի դրանց էներգետիկ արժեքները,
- բացատրի, որ ածխաջրերի և ճարպերի օքսիդացումը օրգանիզմում ապահովում է մարդուն անհրաժեշտ էներգիայի մեծ մասը (մոտ 85 %-ը):

Հոդվածում ներկայացվում են գործնական առաջադրանքներ STEM կրթության ոլորտում, որոնք ուսուցիչը կարող է օգտագործել դասի ընթացքում ածխաջրեր թեման դասավանդելիս:

Թեմա: Ածխաջրեր, նրանց պարունակությունը սննդում և նշանակությունը մարդու համար

Դասարան: 11-րդ

Նպատակ: Սովորողները դիտարկման, փորձերի և վերլուծության միջոցով կկարողանան հասկանալ ածխաջրերի կառուցվածքը և դասակարգումը, պարունակությունը սննդում և նրանց նշանակությունը մարդու համար՝ կիրառելով STEM հմտություններ:

Միջառարկայական կապեր: Զիմիա, կենսաբանություն, մաթեմատիկա, ինֆորմատիկա:

Կենսաբանություն – Դասի ընթացքում ուսուցիչը ներկայացնում է, որ ածխաջրերը մեր սննդի կարևոր բաղադրիչ մասն են կազմում, և սննդից օրգանիզմը ստանում է էներգիայի 50-70 %-ը:

Գործնական առաջադրանք՝ սննդի մեջ ածխաջրերի ստուգում:

Նպատակը. օգտագործելով պարզ կենսաքիմիական թեստեր՝ պարզել ածխաջրերի առկայությունը սննդում:

Պահանջվող նյութեր՝ փորձանոթներ, պիպետներ, բաժակ, հավանգ, ջրային բաղնիք, յոդի լուծույթ, Բենեդիկտի լուծույթ, սնունդ (կարտոֆիլ, խնձոր, հաց և այլն):

Օսլայի փորձարկում

Պատրաստեք սննդի նմուշները՝ տրորելով և մի փոքր ջրի հետ խառնելով:

Յուրաքանչյուր նմուշի փոքր քանակությունը դրեք փորձանոթի մեջ:

Յուրաքանչյուր փորձանոթի մեջ ավելացրեք մի քանի կաթիլ յոդի լուծույթ:

Դիտեք գույնի փոփոխությունը:

Կապույտ/սև գույնը ցույց է տալիս օսլայի առկայությունը:

Պարզ շաքարների փորձարկում (Բենեդիկտի թեստ)

Տեղադրեք յուրաքանչյուր սննդամթերքի նոր նմուշ մաքուր փորձանոթի մեջ:

Փորձանոթի մեջ ավելացրեք նույն քանակությամբ Բենեդիկտի լուծույթ:

Փորձանոթը 5 րոպեով դրեք ջրային բաղնիքի մեջ:

Դիտեք գույնի փոփոխությունը:

Կապույտից կանաչ/դեղին/նարնջագույն/կարմիր գույնի փոփոխությունը ցույց է տալիս վերականգնող շաքարների առկայությունը (օրինակ՝ գլյուկոզ կամ ֆրուկտոզ):

Արդյունքները գրանցեք աղյուսակում

Սննդի նմուշ	Յոդի թեստ	Բենեդիկտի թեստ
կարտոֆիլ	Կապույտ/սև	Չի փոխվում
խնձոր	Չի փոխվում	Նարնջագույն
հաց	Կապույտ/սև	դեղին

Հարց – Ո՞ր մթերքներն են պարունակում օսլա, որո՞նք են պարունակում պարզ շաքարներ: Ինչպե՞ս են բարդ ածխաջրերը կառուցվածքով և ֆունկցիաներով տարբերվում պարզ շաքարներից:

Քիմիա – Ներկայացնում է ածխաջրերի ընդհանուր բանաձևը, նրանց կառուցվածքը և դասակարգումը միաշաքարների, երկշաքարների և բազմաշաքարների:

Ածխաջրերը օրգանական մոլեկուլներ են, որոնք կազմված են ածխածնից (C), ջրածնից (H) և թթվածնից (O):

Դրանք դասակարգվում են.

- Միաշաքարներ (պարզ շաքարներ, ինչպիսիք են գլյուկոզը, ֆրուկտոզը):
- Երկշաքարներ (ինչպիսիք են սախարոզան, կաթնաշաքարը):
- Բազմաշաքարներ (ինչպիսիք են օսլան, ցելյուլոզան):

Ներկայացվում են նրանց կառուցվածքները:

Գործնական առաջադրանք՝ ածխաջրերի փորձարկում:

Նպատակը՝ հասկանալ ածխաջրերի կառուցվածքը և դասակարգումը դիտարկման, փորձերի և վերլուծության միջոցով:

Պահանջվող նյութեր՝ փորձանոթներ, պիպետներ, բաժակ, ջրային բաղնիք, յոդի լուծույթ, Բենեդիկտի լուծույթ, գլյուկոզի լուծույթ, սասխարոզի լուծույթ, օսլայի լուծույթ:

Փորձարկվող նյութեր	Օգտագործվող նյութեր	Սպասվող արդյունքը
Օսլա 2 մլ	Մի քանի կաթիլ յոդի լուծույթ	Կապույտ/սև գույնը վկայում է օսլայի առկայության մասին
Սախարոզ 2 մլ	Բենեդիկտի լուծույթ 2 մլ և տաքացնել 5 րոպե ջրային բաղնիքում	Չվերականգնող շաքար է, չպետք է փոխի գույնը, եթե հիդրոլիզացված չէ:
Գլյուկոզ 2 մլ	Բենեդիկտի լուծույթ 2 մլ և տաքացնել 5 րոպե ջրային բաղնիքում	Վերականգնվող շաքար է, պետք է դառնա կանաչ/դեղին/նարնջագույն/կարմիր:

Գործնական աշխատանքից հետո ուսուցիչը տալիս է հետևյալ հարցերը՝

1. Ելնելով ձեր արդյունքներից՝ դասակարգեք ստուգված շաքարները միաշաքարների, երկշաքարների կամ բազմաշաքարների:
2. Բացատրեք, թե ինչու է Բենեդիկտի թեստը դրական գլյուկոզի, բայց բացասական է սախարոզի համար:
3. Քննարկեք, թե ինչպես է միաշաքարների կառուցվածքը տարբերվում բազմաշաքարներից:

Կենսաբանություն՝ Գլյուկոզը էներգիայի կարևոր աղբյուր է կենդանի օրգանիզմների համար: Առողջ մարդու օրգանիզմում գլյուկոզի քանակությունը արյան մեջ չպետք է գերազանցի 6,7մմոլ/լ: Ֆիզիկական ծանրաբեռնվածության ժամանակ

նակ գլուկոզի քանակությունը իջնում է: Գլուկոզի օքսիդացման հետևանքով առաջանում է էներգիա ԱԵՖ ձևով:

Քիմիա – ուսումնասիրում են գլուկոզի կառուցվածքը, ացիլիկ և ցիկլիկ ձևերը: Գրում են գլուկոզի օքսիդացման ռեակցիան:

Առաջադրանք: Պատկերացրեք, որ դուք սննդաբաններ եք, և ձեր առջև դրված է հետևյալ խնդիրը: Դուք պետք է կազմեք հատուկ առողջ սննդակարգ քսանամյա երիտասարդի համար: Վերջինս ակտիվ զբաղվում է սպորտով և զբաղվում է իր կրթությամբ, ցանկանում է դառնալ աշխարհահռչակ ծրագրավորող: Սննդակարգը պետք է լինի առողջ և ապահովի օրվա համար բավարար քանակությամբ էներգիա երիտասարդի համար:

Մաթեմատիկա – աշակերտները հաշվում են իրենց կողմից ընտրված մթերքների էներգետիկ արժեքները: Առանձնացնում են այն մթերքները, որոնք էներգետիկ տեսակետից ավելի շահավետ են օրգանիզմի համար:

Ինֆորմատիկա՝ Աշակերտներն իրենց կազմած սննդակարգը, ստացված արդյունքները և տվյալները ներկայացնում են շնորհանդեսի ձևով:

STEM կապեր

Գիտություն՝ սննդանյութերի կենսաքիմիա, սննդի գիտություն:

Տեխնոլոգիա՝ լաբորատոր սարքավորումների և փորձարկման տեխնիկայի օգտագործում:

Ճարտարագիտություն՝ սննդի փորձարկման լաբորատորիաներում գործընթացների իմացություն:

Մաթեմատիկա՝ տվյալների հավաքագրում, վերլուծություն և գծապատկերների ստեղծում:

STEM կրթությունը հնարավորություն է տալիս աշակերտներին ընկալել տարբեր գիտական ոլորտների միջև կապերն ու դրանց կիրառական նշանակությունը իրական կյանքում: Ածխաջրերի թեման, որը ներառում է ինչպես քիմիական, այնպես էլ կենսաբանական ասպեկտներ, գերազանց օրինակ է STEM կրթության տարբեր մեթոդների կիրառման համար: STEM կրթությունը ոչ միայն գիտելիքների փոխանցում է ապահովում, այլև նպաստում է աշակերտների ինքնուրույն մտածելակերպի զարգացմանը, հաղորդակցման հմտությունների բարելավմանը և մրցունակ մասնագետներ պատրաստելուն՝ հաշվի առնելով 21-րդ դարի պահանջները: Այն նաև թույլ է տալիս աշակերտներին ապահովել ակտիվ մասնակցություն փորձերի և նախագծերի միջոցով, ինչն ուժեղացնում է նրանց մոտիվացիան և առաջացնում դրական հույզեր ուսումնական գործընթացի նկատմամբ:

Այսպիսով, STEM կրթությունը անփոխարինելի գործիք է աշակերտների համար՝ զարգացնելով ոչ միայն գիտական ու կիրառական հմտությունները, այլև պատրաստելով նրանց բարդ մարտահրավերների լուծմանը նորարարական և համակարգային մոտեցմամբ:

Գրականություն

1. Հանրակրթական ուսումնական հաստատություններում «Քիմիա» առարկայի 8-րդ և 11-րդ դասարանների առարկայական ծրագիր, հրաման № 74-Ն, 03 հուլիս, 2023 թ.:
2. Հանրակրթական ուսումնական հաստատություններում «Քիմիա» առարկայի 7-9-րդ և 10-12-րդ դասարանների առարկայական չափորոշիչ, հրաման № 43-Ն 30 մարտ, 2023 թ.:
3. Սահակյան Վ. Ա, Համագործակցային ուսուցում: Դասավանդման մեթոդիկա N 1., Գիտական տեղեկագիր, 2020, էջ 279:
4. Խաչատրյան Ս., Ուսուցման արդյունավետ հնարներ, Երևան, «Ֆրիդրիխ Էբերտ» հիմնադրամ, «Հայաստան» հրատ., 2020, 74 էջ:
5. «Քիմիա» առարկայի փորձնական չափորոշիչ և ծրագրեր (7-12-րդ դասարաններ), ՀՀ Կրթության, գիտության, մշակույթի և սպորտի նախարարի 2021թ. ապրիլի 30 № 152 հրաման:
6. Атанепесов Б., Акмырадов М., Гайыпова Э., Метод обучения STEM, Международный научный журнал «Символ науки» 10-2, с.157-159, 2023.
7. Николайчук Л. Н. Современные образовательные технологии и их использование в преподавании химии, Нефтекумск, 2019.
8. Практические задания в области STEM-образования: Сборник в трех томах. Том 2. Задания для работы с учащимися 5-11 классов / Редактор и составитель А. С. Обухов. Научный консультант С. А. Ловягин. Москва: Библиотека журнала «Исследователь/ Researcher», 2022, - 266 с.
9. Практические задания в области STEM-образования: Сборник в трех томах. Том 3. Задания для работы с учащимися 7-10 классов из практики Великобритании и США / Редактор и составитель А. С. Обухов. Научный консультант С. А. Ловягин. Москва: Библиотека журнала «Исследователь/ Researcher», 2022, - 72 с.
10. Хатджиева М.М., Кулиева О.К., Хатджиева О.К., Метод STEM-обучения: инновационный подход в современном образовании. Международный научный журнал «Вестник науки» № 2 (83), том 3, 2025, с. 339-343.
11. Ozhibayeva Z. M., Nurmuhambetova N. N., Use of stem-technologies as a way of increasing the motivation of students in Chemistry lessons in the conditions of education update in the republic of Kazakhstan, Scientific atlas, № 4, 2021, p. 52-59.

STEM-образование в средней школе при преподавании темы «Углеводы»

*Овсепян Вардуи,
Маркарян Раиса*

Резюме

Ключевые слова: глюкоза, крахмал, питательные вещества, простые сахара, биология, химия

Изучение углеводов в старших классах является важным компонентом учебных программ, так как это помогает ученикам понимать важные биохимические процессы и их значение в повседневной жизни. Интерес учеников во время обучения химии может развиваться только в том случае, если они активно участвуют в освоении нового материала и самостоятельно, пропуская через собственную призму, делают окончательные выводы. Основанные на лекциях традиционные методы иногда могут не привлечь студентов, следовательно, для того, чтоб учеба стала значимой и привлекательной, необходимы инновационные и интерактивные подходы. В этом контексте приобретает особое значение метод STEM-образования, так как оно направлено не только на теоретические знания учеников, но и развитие навыков, применимых в реальной жизни. STEM-образование – это многообещающий и эффективный подход к подготовке учащихся к будущим испытаниям. В работе представлены практические задания в сфере STEM-образования, которые позволят ученикам наглядно понять структуру и классификацию углеводов с помощью экспериментов и анализов, их значение и применение в питании, используя STEM-навыки.

STEM Education in High School during the Teaching of “Carbohydrates”

Hovsepyan Varduhi,

Markaryan Raisa

Summary

Key words: *glucose, starch, nutrients, simple sugars, biology, chemistry*

The study of carbohydrates in high school is an important component of the curriculum, as it helps students understand important biochemical processes and their significance in everyday life. Students' interest in chemistry can only grow if they actively engage with new material and draw their own conclusions independently. Traditional lecture-based methods may sometimes not motivate students, so innovative and interactive approaches are needed to make learning meaningful and interesting. In this context, STEM education takes on special significance. It is aimed not only at mastering theoretical knowledge of students but also at developing practical skills applicable in real life. STEM education is a promising and effective approach to preparing students for future changes. The work presents practical tasks in the field of STEM education allowing students using STEM skills to clearly understand the structure and classification of carbohydrates, their importance and application in nutrition through experiments and analyses.

Ներկայացվել է 14. 04. 2025 թ.

Գրախոսվել է 08. 05. 2025 թ.

Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025թ.

**Ստեղծագործական մտածողության բաղադրիչների ձևավորումը
ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի ուսուցման գործընթացում***

Մանուկյան Վարդան

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-131>

Հանգուցային բառեր. *զարգացում, խնդիր, ինքնուրույնություն, ձկունություն, սահունություն, յուրօրինակություն, խորություն, ընդգրկունություն*

Նախաբան

Սովորողների մոտ ստեղծագործական մտածողության ձևավորումն ու զարգացումը արդի մանկավարժության հիմնախնդիրներից է: Պարզ է, որ զարգացող հասարակություն ունենալու տեսանկյունից ստեղծագործ անհատների առկայությունը պարտադիր է: Յուրաքանչյուր անձի մոտ ստեղծագործական մտածողությունը ունի որոշակի աստիճան և դրսևորվում է յուրովի: Շատ կարևոր է, որ յուրաքանչյուր ոք, անկախ իր զարգացվածության աստիճանից, գիտակցի ու կարևորի նորը ստեղծելու անհրաժեշտությունը: Հակառակ դեպքում չի խրախուսվի նոր գաղափարների գեներացիան, ինչն էլ կխոչընդոտի հասարակության զարգացմանը: Կարևորելով ստեղծագործական մտածողության դերը ուսուցման գործընթացում մանկավարժների և հոգեբանների կողմից՝ այս ուղղությամբ կատարվել են բազմաթիվ կարևոր հետազոտություններ: Ընդ որում, վերլուծվել է ստեղծագործական մտածողության էությունը, մատնանշվել են դրա կառուցվածքային տարրերը, ինչպես նաև հետազոտվել են ստեղծագործական մտածողության վրա ազդող էական գործոնները: Այս ամենը արված է հիմնականում ընդհանուր հոգեբանամանկավարժական տեսանկյունից, սակայն գիտամեթոդական բնույթ կրող արդի հոդվածներում նաև շեշտադրվում է տարբեր առարկաների ուսուցման մեջ ստեղծագործական մտածողության զարգացման կարևորությունը:

Սույն աշխատանքում ներկայացված են հոգեբանամանկավարժական բնույթ կրող հիմնարար աշխատանքներում հետազոտողների կողմից առանձնացված ստեղծագործական մտածողության հիմնական կառուցվածքային տարրերը և բերված են դրանց դրսևորումները մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի ուսուցման գործընթացում: Ներկայացված են կոնկրետ օրինակներ և արված են մեթոդական շեշտադրումներ, ինչն էլ սույն աշխատանքի հիմնական գիտամեթոդական նորույթն է:

**Ստեղծագործական մտածողության կառուցվածքային տարրերը ֆիզիկայի և
մաթեմատիկայի ուսուցման գործընթացում**

Ստորև հերթականությամբ կթվարկենք հոգեբանների կողմից առանձնացված ստեղծագործական մտածողության հիմնական բաղադրամասերը [2], համա-

* Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀԳԳՄՄՆ ԲԿԳԿ-ի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 25RG-5C032 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

ռոտ կներկայացնենք դրանց էությունը և ապա դրանք կդիտարկենք ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի արդյունավետ ուսուցման կոնտեքստում:

Մտածողության սահունություն: Ստեղծագործական մտածողության այս բաղադրիչի առկայությունը ենթադրում է պրոբլեմի հնարավոր լուծում ապահովող գաղափարների հոսքի արագ առաջ քաշելու ընդունակություն [3, 6]: Ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի ուսուցման մեջ մտածողության այս բաղադրամասի ձևավորումն ունի կարևոր նշանակություն, քանի որ խնդիրների և վարժությունների լուծման հատկապես սկզբնական փուլում շատ կարևոր է արագ կողմնորոշվել և ուղենշել դրանց լուծման համար կիրառվելիք մոտեցումները: Առարկայական գիտելիքների կուտակմանը զուգընթաց աշակերտների մոտ անհրաժեշտ է ձևավորել և զարգացնել սահուն անդրադարձի միջոցով այդ ամենից կոնկրետ առաջադրանքի լուծման համար անհրաժեշտ ու կիրառելի բանաձևերի, օրենքների ու օրինաչափությունների ընտրության հմտություններ: Ուսումնական գրականության մեջ սովորաբար խնդիրը կամ վարժությունը տեղադրված է լինում համապատասխան բաժնում, ինչը աշակերտին ընդհանուր առմամբ հուշում է թե ինչ գիտելիքներ է անհրաժեշտ կիրառել դրա լուծման համար: Դասավանդման փորձը ցույց է տալիս, որ նման «հուշման» բացակայության դեպքում սովորողները հաճախ դժվարանում են կողմնորոշվել խնդրի լուծման գործիքակազմի ընտրության հարցում: Այս բացը անհրաժեշտ է լրացնել՝ մշտապես ուշադրություն հատկացնելով առաջադրանքի բնույթից դուրս գալով ի սկզբանե լուծման ընդհանուր ճանապարհներ տեսնելու կարողություններ զարգացնելու վրա: Օրինակ, երբ ֆիզիկայի դասընթացում դիտարկվում են բախման կամ ցրման խնդիրներ, չբացառելով ուժային վերլուծության որոշ մոտեցումներ, առաջին հերթին անհրաժեշտ է դիտարկել պահպանման օրենքների կիրառության հնարավորությունը: Ընդ որում, անդրադարձ կատարելով խնդրի պայմաններին և ելնելով բախման բնույթից, կարելի է որոշել, թե ո՞ր օրենքից կամ օրենքներից հնարավոր կլինի օգտվել: Քանի որ բախումների ու ցրումների խնդիրներում համակարգում գործող ներքին ուժերը շատ ավելի մեծ են արտաքին ուժերից, ապա իմպուլսի պահպանման օրենքը կիրառելի է: Լրիվ մեխանիկական էներգիայի պահպանման օրենքն ունի ավելի սահմանափակ կիրառելիություն և դրանից կարելի է օգտվել, եթե բախումն առաձգական է: Այսպիսով՝ ի սկզբանե սովորողը պետք է կողմնորոշվի պահպանման օրենքների կիրառման հարցում: Ապա ցանկալի է նաև մտովի անցում կատարել և դիտարկել ուժային վերլուծության տարբերակը: Վերջինս հնարավոր կլինի իրականացնել, եթե հնարավոր լինի բախման պրոցեսում գաղափար ունենալ փոխազդեցության ուժերի գոնե ուղղությունների մասին: Նման հնարավորություն կա, օրինակ, գնդաձև մարմինների բախման դեպքում, երբ այդ ուժերն ունեն ռադիալ ուղղություններ:

Այսպիսով, մտածողության սահունության բաղադրիչի առկայությունը թույլ է տալիս ընդհանուր անդրադարձի ճանապարհով հնարավորինս զերծ մնալ սխալ կամ փակուղի տանող ճանապարհներից և ընտրել տվյալ առաջադրանքի կատարման համար կիրառելի ու արդյունավետ միջոցներ:

Մտածողության ճկունություն: Ստեղծագործական մտածողության այս բա-

դադրիչի առկայությունը ենթադրում է խնդիրը լուծելիս բազմազան մոտեցումների և ռազմավարությունների կիրառման ունակություն, ուղիղ կապերից հակադարձ կապերի անցում և լուծման ընթացքում հաջողություն չապահովող մոտեցումներից նոր մոտեցումների անցում [3; 4, 8]: Եթե խնդրի համար սովորողը ընտրել է լուծման տարբերակ, ապա ցանկալի է, որ առաջին իսկ դժվարությունից նա չհուսալքվի և որոշակի համառություն ցուցաբերի ու պատշաճ ջանքեր կիրառի այն հաղթահարելու համար: Սակայն եթե չի հաջողվում հաղթահարել առաջացած պատենշն ու լուծել խնդիրը, ճկուն մտածողությամբ օժտված սովորողը չի հրաժարվի խնդիրը լուծելուց և կփորձի վերանայել մոտեցումն ու գտնել նոր մոտեցումներ: Լուծման ընթացքում ի սկզբանե որդեգրած մոտեցումների գնահատումն ու ըստ անհրաժեշտության խնդրի լուծման ռազմավարության փոփոխությունը ստեղծագործական մտածողության ճկունության դրսևորումներ են: Վերջիններիս զարգացման համար ուսուցիչը դասընթացն իրականացնելիս պարբերաբար կարող է գեներացնել և ներկայացնել խնդիրների լուծման նման մոտեցումներ ինչպես նախապես կազմված օրինակների, այնպես էլ դասարանում աշխատելիս ինքնաբերական կերպով առաջացած պատեն առիթների դեպքում: Ճկուն և վարիատիվ մտածողություն զարգացնելու համար կան նաև առաջադրանքների ժողովածուներ, որոնք պարունակում են մասնագետների կողմից տարիների ընթացքում նման խնդիրներ կազմվելու փորձը: Նման հետաքրքիր մաթեմատիկական գրքերից մեկում բերված մի առաջադրանքում շրջանագծի կամայական կետից նրա երկու փոխուղղահայաց տրամագծերին տարված ուղղահայացների և այդ տրամագծերի հատման կետերի հետավորությամբ պահանջվում է որոշել համապատասխան շրջանի մակերեսը [8, 16]: Փորձը ցույց է տալիս, որ այս խնդիրը լուծելու համար աշակերտների մեծ մասը փորձում են օգտվել Պյութագորասի թեորեմից, քանի որ այստեղ առաջանում են ուղղանկյուն եռանկյուններ: Սակայն տվյալների անբավարար լինելու պատճառով նման փորձերը տանում են փակուղի: Այստեղ ուսուցիչը կարող է աշակերտի ուշադրությունը հրավիրել գծագրում առկա ուղղանկյանը, ինչը պատշաճ դիտողականության դեպքում հնարավորություն է տալիս աշակերտին նկատել, որ դրա հավասար անկյունագծերից մեկը իր ունեցած տվյալն է, իսկ մյուսը՝ շրջանի շառավիղը: Եվ այսպես, խնդրի լուծման բանալին գտնված է:

Մտածողության յուրօրինակություն: Սույն բաղադրիչը պայմանավորված է ոչ ստանդարտ, եզակի, անհրաժեշտ գաղափարներ և լուծումներ առաջ քաշելու ունակությամբ [3]: Որոշ իրավիճակներում պրոբլեմի լուծումը չի հաղթահարվում հայտնի ալգորիթմների կիրառման ճանապարհով, և անհրաժեշտություն է առաջանում ցուցաբերել ոչ ստանդարտ մոտեցումներ: Ուսուցման գործընթացում նման իրավիճակների հաճախ կարելի է հանդիպել օժտված երեխաների բացահայտման նպատակով կազմակերպված մրցույթների առաջադրանքներում: Խոսքը հիմնականում վերաբերում է առարկայական օլիմպիադաների խնդիրներին, որոնց լուծումը պահանջում է ոչ միայն խորը գիտելիքներ և գերազանց հմտություններ, այլև շատ դեպքերում յուրահատուկ ու տարբերվող մոտեցումների կիրառում: Հատկանշական է, որ ֆիզիկայի օլիմպիական առաջադրանք-

ները, ի տարբերություն մաթեմատիկայի, հաճախ ընդամենը պահանջում են խորը առարկայական գիտելիքներ, և դրանք կարելի է հաղթահարել գիտելիքների խորացման հաշվին: Ֆիզիկայի դպրոցական օլիմպիադայի շատ խնդիրներ կարելի է լուծել՝ դուրս չգալով դպրոցական իմացության շրջանակից, իսկ խնդիրների որոշ մասն էլ հեշտությամբ հաղթահարելի են ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացի տիրապետման շրջանակում: Այսինքն՝ որոշ խնդիրներ, որոնք դպրոցական ծրագրի շրջանակում լուծելու համար պահանջում են ոչ ստանդարտ մոտեցումներ, ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացի շրջանակում դառնում են ստանդարտ և ենթակա են հայտնի ալգորիթմների կիրառման: Նույնը չի կարելի ասել մաթեմատիկայի վերաբերյալ, որի դպրոցական օլիմպիական առաջադրանքների կատարումը պահանջում է այնպիսի գիտելիքներ, հմտություններ և ոչ ստանդարտ հնարքների կիրառում, որոնք հիմնականում դուրս են ավանդական դպրոցական դասընթացի շրջանակից: Այնուհանդերձ, ֆիզիկայի դժվարին խնդիրները նույնպես հետաքրքիր և օգտակար է լուծել ոչ միայն գիտելիքի ու մաթեմատիկական ապարատի ուժի հաշվին, այլ նաև սրամիտ ու յուրօրինակ գաղափարների կիրառման միջոցով: Դեռ ավելին, երբեմն հանդիպում են եզակի խնդիրներ, երբ շատ բարձր մակարդակի իմացությունն անգամ չի ապահովում խնդրի լուծումը, սակայն հնարամիտ և անսպասելի մի մոտեցում դառնում է խնդրի լուծման բանալի: Որպես օրինակ կարելի է բերել անվանի ֆիզիկոս մանկավարժ Գ. Գրիգորյանի կողմից առաջադրված հետաքրքիր խնդիրը, որը վերաբերում է տարբեր շառավիղներով երկու համասեռ լիքավորված համակենտրոն կիսագնդերի փոխազդեցության ուժի որոշմանը [1]: Ստանդարտ մոտեցման դեպքում այս և նման այլ խնդիրների լուծումը բերվում է էլիպտական ինտեգրալների հաշվման, ինչը լուրջ և գործնականում անհաղթահարելի բարդություն է ոչ միայն աշակերտի, այլև համալսարանական ուսանողի համար: Խնդրի դրվածքն ու լիքների բաշխման համաչափությունը, սակայն, հնարավորություն են ընձեռում ցուցաբերել հնարամիտ մոտեցում և էլեկտրաստատիկ ճնշման գաղափարի օգնությամբ թույլ են տալիս գտնել լուծման ինքնատիպ ճանապարհ:

Ստեղծագործական մտածողության այս բաղադրամասը կարելի է զարգացնել հարմար օրինակների ներկայացման և առաջադրման, ինչպես նաև աշակերտների կողմից ստացված որոշակի դրական արդյունքների խրախուսման ու մոտիվացման ճանապարհով:

Ստածողության ինքնուրույնություն: Ստեղծագործական մտածողության այս բաղադրիչի առկայությունը ենթադրում է նոր գիտելիքներ, խնդիրների լուծման նոր և օպտիմալ ուղիներ գտնելու ունակություններ [3; 4, 11]: Ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի ուսուցման գործընթացում մտածողության ինքնուրույնությունը զարգացվում է հիմնականում ինքնուրույն աշխատանքների կատարման ընթացքում, որոնք հանձնարարվում են կատարել տանը կամ դասարանում: Երբ ուսուցիչը ներկայացնում է խնդիրների լուծման օրինակներ, պետք է պատշաճ ուշադրություն հատկացնի լուծման ձևի ընտրության հիմնավորմանն ու կիրառելիության սահմաններին: Հաճախ անհրաժեշտ է աշակերտին ներկայացնել քննարկվող օրինակից տարբերվող դեպքերում կիրառված մոտեցումների հնա-

րավորությունների կամ դրանց փոփոխման ու ուրիշ այլ մոտեցումների կիրառման մասին: Հաճախ կարևոր է ներկայացնել, թե ինչու այս խնդիրը կարելի է լուծել նմանաձևով, իսկ մեկ ուրիշը՝ ոչ: Աշակերտին հանձնարարված ինքնուրույն առաջադրանքները շատ թե քիչ տարբերվում են ուսուցչի ներկայացրած օրինակներից և դրանց լուծման ու հետագա հիմնավոր մնացորդային հմտություններ կուտակելու համար օգտակար կլինի, որ ուսուցիչը իր օրինակներում լուսաբանի խնդիրների լուծման բովանդակային հիմքերն ու սկզբունքները և ոչ թե ֆորմալ մեխանիկական ձևերը:

Ներկայումս ստեղծագործական մտածողության ինքնուրույնության ձևավորումն ու զարգացումը խթանող արդյունավետ միջոց է հանդիսանում նախագծային աշխատանքների կատարումը: Նախագծի իրականացման ընթացքում աշակերտները ինքնուրույնաբար որոնում և գտնում են պրոբլեմի լուծման իրենց տարբերակները և այդ ամենը քննարկում են միմյանց ու ղեկավարի հետ: Նախագծային աշխատանքի ավարտական փուլում աշակերտները ներկայացնում են իրենց կատարածը, ինչը զարգացնում է ինքնուրույն կերպով հետազոտական աշխատանքի լուսաբանման շատ կարևոր հմտություն:

Մտածողության ընդգրկունություն: Ստեղծագործական մտածողության այս բաղադրիչի առկայությունը դրսևորվում է գիտելիքների ու պրակտիկայի տարբեր բնագավառների միջև կապեր գտնելու ունակություններով [4, 11]: Հաճախ նման կապեր կարելի է ապահովել գիտության տարբեր բաժինների որոշ կարևոր գաղափարների ու օրինաչափությունների միջև առկա խորքային կամ ֆորմալ համանմանությունների հաշվին: Սա հնարավորություն է ստեղծում միասնական տեսակետից դիտարկել այդ գաղափարներն ու օրինաչափությունները: Ուսուցման մեջ մտածողության ընդգրկունություն ձևավորող կարևոր միջոցներից է ընդհանրացնող կրկնությունների կիրառման պրակտիկան [7]:

Ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի ուսուցումն իրականացնելիս անհրաժեշտ է հավասարապես կարևորել ինչպես ներառարկայական, այնպես էլ միջառարկայական ինտեգրատիվ կապերը: Այս առումով ներկայումս կարևոր է ՄԹԵՄ ուսուցման զարգացումն ու տարածումը: Վերջինս աշակերտների մոտ ձևավորում է պրոբլեմի լուծմանը միասնական ու համակողմանի մոտեցումներ կիրառելու հմտություններ: ՄԹԵՄ-ը զարգացնում է այն կարևոր գաղափարը, որ յուրաքանչյուր շատ թե քիչ կարևորություն ունեցող իրական խնդիր լուծելու համար չպետք է սահմանափակվել մեկ գիտության շրջանակներով և պետք է ներգրավել գիտության տարբեր ոլորտների գիտելիքներ և միջոցներ: Ստեղծագործական մտածողության ընդգրկունության բաղադրիչի զարգացմանը նպաստում են նաև նախագծային աշխատանքները, քանի որ դրանք վերաբերում են առօրյայում և մարդկային գործունեության տարբեր ոլորտներում առարկայի կիրառություններին և իրական կյանքից վերցված խնդիրների լուծմանը, ինչը հնարավոր է իրականացնել միայն բազմաթիվ գիտելիքների ու հմտությունների միավորման արդյունքում: Օրինակ «Եռանկյունաչափությունը մարդու կյանքում» թեմայով նախագծի կատարման ընթացքում աշակերտները հնարավորություն ունեն բացահայտելու եռանկյունաչափության հիմնական գաղափարների կիրառությունները ֆի-

զիկայում, աստղագիտության մեջ, կենսաբանությունում, ճարտարապետության մեջ և անգամ արվեստում և երաժշտությունում:

Մտածողության խորություն: Մտեղծագործական մտածողության այս բաղադրիչի առկայությունը ենթադրում է երևույթների էության մեջ թափանցելու, դրանց պատճառները բացատրելու և հետևանքները կանխատեսելու, ինչպես նաև անորոշության մեջ լուծումներ փնտրելու ունակություններ [4]: Նշված ունակությունները զարգացնելու համար անհրաժեշտ են կազմել հարուստ բովանդակությամբ համապատասխան առաջադրանքներ, որոնց կատարումը ուսուցման գործընթացը երբեմն վեր է ածում բազմամակարդակ հետազոտական աշխատանքի: Ասվածի ցայտուն օրինակ են հանդիսանում [5] ձեռնարկում քննարկված առաջադրանքները: Դրանցից մեկում օրինակ քննարկված են մի ուղղի երկայնքով դասավորված և միատեսակ զսպանակներով միմյանց ամրացված միանման գնդիկներից բաղկացած մեխանիկական համակարգում տեղի ունեցող շարժումները [5, 30-38]: Առաջադրանքի կատարումը, որը բաղկացած է տասնմեկ կետերից, պահանջում է նախ հետազոտել գնդիկներից մեկի երկայնական և լայնական տատանումները, ապա անցնել գնդիկների համակարգի կոլեկտիվ շարժումների տեսակներին և դրանց որոշ կարևոր ու հետաքրքիր օրինաչափությունների բացահայտմանը, և ապա ի վերջո ակնկալվում է ստացված արդյունքներով բացատրել երկայնական ու լայնական ալիքների տարածման որոշ հիմնական օրինաչափությունները:

Կարծում ենք, որ մտածողության խորություն ձևավորելու համար կարևոր են նաև [6] գրքի առաջադրանքների ռճի խնդիրները: Վերջիններս պահանջում են բացատրություն գտնել բավականին բարդ իրավիճակներում, երբ անհրաժեշտ է առկա բազմաթիվ գործոններից առանձնացնել էականները և որակապես ու քանակապես գնահատել դրանց ազդեցությունը երևույթի ընթացքի վրա: Նշված բոլոր առաջադրանքները կարևոր են նաև նրանով, որ ամբողջովին վերաբերում են մարդու առօրյա կյանքում ու կենցաղում հանդիպող զարմանալի ու հետաքրքիր երևույթների:

Եզրակացություն

Ֆիզիկամաթեմատիկական առարկաների դասավանդման ընթացքում սովորողների մոտ ստեղծագործական մտածողության ձևավորումն ու զարգացումը ունի առաջնային նշանակություն: Ելնելով այս կարևորությունից՝ սույն աշխատանքում վեր ենք հանել ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի ուսումնառության ընթացքում ստեղծագործական մտածողության առանձին բաղադրիչների զարգացման հարցը և օրինակների միջոցով ուրվագծել ենք դրա իրականացման որոշ ճանապարհներ: Վերջիններս առնչվում են ինչպես որոշակի դասի խնդիրներին ու դրանց առաջադրման մոտեցումներին, այնպես էլ բնագիտամաթեմատիկական առարկաների ուսուցման արդի ձևերին ու միջոցներին: Կարծում ենք, որ նման մոտեցումների մշակումը անհրաժեշտ է ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի ուսուցումը պատշաճ մակարդակով իրականացնելու համար և կարող է նպաստել ուսման որակի բարելավմանը:

Գրականություն

1. Գրիգորյան Գ. Վ., Փախչանյան Բ. Ա., Ֆիզիկայի հանրապետական օլիմպիադաներ (1983-2003), Երևան, «Էդիթ Պրինտ», 2003, 224 էջ:
2. Մովսիսյան Ն. Գ., Սովորողների ստեղծագործական մտածողությանը առնչվող մի քանի հարցերի մասին, ՇՊՀ Գիտական տեղեկագիր, 2021, 1, 179-189 էջ:
3. Гатанов Ю. Б. Курс развития творческого мышления. Санкт-Петербург: «Иматон», 1999, 60 с.
4. Калмыкова З. И. Психологические принципы развивающего обучения. Москва: «Знание», 1979, 48 с.
5. Слободянюк, А.И. Очень длинные физические задачи. Минск: Белорусская ассоциация «Конкурс», 2016, 207 с.
6. Уокер Дж. Физический фейерверк. Москва: Мир, 1988, 298 с.
7. Цатурян А. Повторение курса физики как обобщающая модель обучения физике // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Санкт-Петербург, 2011, с. 141-148.
8. Posamentier A. S., Krulik St. Problem-Solving Strategies in Mathematics: From Common Approaches to Exemplary Strategies, New Jersey: World Scientific, 2015, 163 p.

Формирование компонентов творческого мышления в процессе обучения физике и математике

Манукян Вардан

Резюме

Ключевые слова: развитие, задача, самостоятельность, гибкость, беглость, оригинальность, глубина, полнота

Формирование и развитие творческого мышления учащихся является одной из ключевых проблем современной педагогики. Очевидно, что с точки зрения развития общества наличие творческих личностей является обязательным. Каждый человек обладает определенным уровнем творческого мышления и проявляет его по-своему. Важно, чтобы каждая личность, независимо от уровня развития, осознавал/а и ценил/а необходимость создания чего-то нового. В противном случае генерация новых идей не будет поощряться, что будет тормозить развитие общества. Подчеркивая роль творческого мышления в процессе обучения, педагоги и психологи провели множество важных исследований в этом направлении: была проанализирована сущность творческого мышления, выявлены его структурные элементы, исследованы существенные факторы, влияющие на творческое мышление. Все это делается в основном с психолого-педагогической точки зрения, однако в современных статьях научно-методического характера также подчеркивается важность развития творческого мышления при преподавании различных предметов. В

работе представлены основные структурные элементы творческого мышления, выделенные исследователями в фундаментальных трудах психолого-педагогического характера, и представлены их проявления в процессе обучения математике и физике. Приведены конкретные примеры и сделаны методические акценты, что составляет основную научно-методическую новизну данной работы.

Formation of Components of Creative Thinking in the Process of Teaching Physics and Mathematics

Manukyan Vardan

Summary

Key words: *development, task, independency, flexibility, fluency, originality, depth, completeness*

The formation and development of creative thinking in students is one of the key challenges of modern pedagogy. It is widely recognized that the presence of creative individuals is essential for the progress of a developing society. While creative thinking exists to some degree in every person, it manifests in different ways. It is crucial that every individual, regardless of their level of intellectual development, understands and values the need to create something new. Without this awareness, the generation of new ideas will not be encouraged, ultimately hindering societal advancement. Recognizing the importance of creative thinking in the learning process, educators and psychologists have conducted numerous significant studies in this area. At the same time, the essence of creative thinking has been analyzed, its structural elements have been pointed out, and the essential factors influencing creative thinking have been investigated. This work presents the main structural elements of creative thinking, as identified by researchers in foundational psychological and pedagogical studies, and explores how these elements manifest in the teaching of mathematics and physics. It includes specific examples and methodological insights, which constitute the primary scientific and methodological contribution of this study.

Ներկայացվել է 02. 04. 2025 թ.
Գրախոսվել է 15. 04. 2025 թ.
Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025 թ.

**Մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հակասող
ենթադրության մեթոդի կիրարկման որոշ առանձնահատկությունների մասին***

Նիկողոսյան Գագիկ

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-139>

Հանգուցային բառեր. ասույթ, ժխտում, բազմություն, լրացում, փուլ, ստեղծագործական մտածողություն:

Նախաբան

ՀՀ-ում անցում կատարելով տասներկուամյա կրթական համակարգի՝ դպրոցական դասընթացում տարբեր առարկաների ծրագրերում կատարվեցին զգալի փոփոխություններ, այն է՝ ավելացան նոր բաժիններ, կամ էլ եղած բաժիններում մատուցվող նյութը դարձավ առավել ընդգրկուն:

Ընդհանուր առմամբ այդ մեծածավալ փոփոխությունները թողել են դրական ազդեցություն, սակայն ցավոք, թե՛ մաթեմատիկայի և թե՛ ֆիզիկայի դպրոցական դասագրքերում գրեթե ներկայացված չեն հիմնարար առարկայական տարբեր սկզբունքներ ու մեթոդներ (օրինակ՝ ինվարիանտի կիրառման մեթոդը, եզրայինի կանոնը, չափայնությունների մեթոդը, պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի սկզբունքը և այլն), իսկ եթե անգամ ներկայացված են (ինչպես, օրինակ, 11-րդ դասարանի բնագիտամաթեմատիկական հոսքի հանրահաշվի դպրոցական դասընթացում «Տրամաբանության տարրեր» գլխում՝ հակասող ենթադրության մեթոդը [3]), ապա բավական հակիրճ, այսինքն ֆորմալ առումով ներկայացվում է լոկ բուն մեթոդը և դիտարկվում են այդ մեթոդին վերաբերող մի քանի տիպային պարզ խնդիրներ՝ ամեննին չանդրադառնալով վերջինիս կիրառման մեթոդաբանական հարցերին, կիրառելիության հնարավորություններին: Մինչդեռ, մեր կարծիքով, անհրաժեշտ է մշակել համապատասխան մեթոդական ցուցումներ, որոնք հնարավորություն կտան նախապես կռահել, հասկանալ կոնկրետ խնդրում այս կամ այն մեթոդի կիրառման հնարավորությունը, նպատակահարմարությունն ու արդյունավետությունը, որից հետո առանձնացնել այն գործիքակազմը, որը հնարավորություն կտա տվյալ մեթոդի կիրառմամբ հասնել տիպային կամ ոչ տիպային խնդրի լուծմանը, ասել է, թե այս կամ այն մեթոդի բարենաջող կիրառումը զուգակցել սովորողների մոտ որոնողական ընդունակությունների և ստեղծագործական մտածողության զարգացման պրոցեսին:

Վերոգրյալի համատեքստում կարծում ենք, որ 11-րդ դասարանի բնագիտամաթեմատիկական հոսքի հանրահաշվի դպրոցական դասագրքում նյութի առկա ծավալը հնարավորություն չի ընձեռում աշակերտներին հավուր պատշաճի ընկալելու հակասող ենթադրության մեթոդի էությունն ու կիրառելիության սահմանները: Մինչդեռ հայտնի է, թե որքան լայն կիրառություն ունի այս մեթոդը թե՛

* Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ ԲԿԳԿ-ի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 25RG-5C032 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

մաթեմատիկայի և թե՛ ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում, մասնավորաբար, դպրոցականների մաթեմատիկական օլիմպիադաների տարբեր փուլերում հանդիպող ապացուցման և/կամ հերքման շատ խնդիրների լուծման հիմքում ընկած է հենց այս մեթոդի կիրառումը:

Ըստ այդմ, սույն աշխատանքը նվիրված է մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հակասող ենթադրության մեթոդի կիրարկման որոշ առանձնահատկությունների վերլուծությանն ու մեկնաբանմանը, ապացուցման և/կամ հերքման վերաբերյալ տարբեր տիպային և ոչ տիպային խնդիրների լուծման ժամանակ այս մեթոդի բարեհաջող և արդյունավետ կիրարկման հնարավորությունների վերհանմանը, ինչն էլ աշխատանքի գիտամանկավարժական նորույթն է: Ստորև նախապես հակիրճ կներկայացնենք հակասող ենթադրության մեթոդի էությունը, վերջինս կմեկնաբանենք ինչպես ասույթների տեսության, այնպես էլ բազմությունների տեսության գործիքակազմերի ներքո, որից հետո հակասող ենթադրության մեթոդի կիրարկման պրոցեսում կառանձնացնենք հիմնական փուլերը և կմեկնաբանենք յուրաքանչյուր փուլի էությունը: Վերջում այդ ամենը կկիրառենք ապացուցման և/կամ հերքման տարբեր մաթեմատիկական և ֆիզիկական խնդիրների լուծման ժամանակ:

Հակասող ենթադրության մեթոդի էությունը:

Մեթոդ բառը ունի հունական ծագում և թարգմանաբար նշանակում է նպատակին հասնելու միջոց, ճանապարհ, եղանակ և ուղի: Այն տրամաբանական տեղեկատվություն սահմանվում է որպես բնության, հասարակության, մտածողության երևույթների ու օրինաչափությունների ուսումնասիրությանն ուղղված կանոնների ու հնարքների համակարգ [7]:

Առհասարակ, ապացուցման մեթոդներն, ըստ տանելու եղանակի, դասակարգվում են ուղիղ և անուղղակի (ոչ ուղիղ) տեսակների [1]:

Ապացույցը, որը հիմնված է ինչ-որ անտարակուսելի սկզբի վրա, որից անմիջականորեն արտածվում է թեզիսի ճշմարիտ լինելը, կոչվում է ուղիղ ապացույց:

Ապացույցը կոչվում է անուղղակի (ոչ ուղիղ), եթե թեզիսի ճշմարիտ լինելը հիմնավորվում է թեզիսին հակադիր պնդման ճշմարտացիության հերքման միջոցով:

Անուղղակի ապացուցման ամենատարածված տեսակը հակասող ենթադրության մեթոդն է, որը գիտամեթոդական գրականության մեջ անվանվում է նաև ապացուցում՝ անհեթեթության հանգեցմամբ [1]: Այս մեթոդի համաձայն՝ նախապես ենթադրում ենք, որ ապացուցման ենթակա ելակետային պնդումը սխալ է: Եթե այս ենթադրությունը տրամաբանական դատողությունների միջոցով հանգեցնում է հակասության, եզրակացնում ենք, որ մեր նախնական ենթադրությունը սխալ է, այսինքն՝ տրված ելակետային պնդումը ճշմարիտ է [1]:

Ասույթների տեսության գործիքակազմի ներքո, հակասող ենթադրության մեթոդի համաձայն, ըստ էության, որևէ A պնդման ճշմարտացիությունն ապացուցելու փոխարեն ապացուցում ենք, որ նրա ժխտումը՝ $\bar{A}$ սխալ է, ինչը համարժեք է ելակետային A պնդման ճշմարիտ լինելուն:

Այս մեթոդի վերաբերյալ իր ուշագրավ և դիպուկ կարծիքն է հայտնել նաև անգլիացի հայտնի մաթեմատիկոս Գոդֆրի Հարոլդ Հարդին: Այսպես, ըստ Հարդիի՝ *հակասող ենթադրության մեթոդը մաթեմատիկայի ամենանրբագեղ գեներերից մեկն է, այն անհամեմատ ավելի գեղեցիկ հնարք է, քան ցանկացած շախմատային գամբիտ, քանզի հաջողության հասնելու համար շախմատիստը կարող է գոհաբերել զինվոր կամ նույնիսկ ֆիզուր, մինչդեռ մաթեմատիկոսը դիմում է ողջ «պարտիան» պարտվելու ռիսկին* [8]:

Դասավանդման տարիների փորձառությունը վկայում է, որ սովորողը, ով առաջին անգամ ծանոթանում է հակասող ենթադրության մեթոդի էությանը, տարակուսանք է հայտնում առ այն, թե ի՞նչ տարբերություն, ես ապացուցելու եմ որևէ պնդման ճշմարտացիությունը թե վերջինիս ժխտման սխալ լինելը, միևնույնն է, եթե մեկը կարողանամ ապացուցել, ինքնաբերաբար մյուսն էլ կապացուցեմ և կարծես խիստ թերահավատորեն է մոտենում այս մեթոդի կիրառման արդյունավետությանը: Առաջին հայացքից այդպիսի հարցադրումը կարծես իր մեջ ճշմարտության թվացյալ հատիկ պարունակում է, քանզի ասույթների տեսության գործիքակազմի ներքո հակասող ենթադրության մեթոդի համաձայն որևէ *A* ելակետային պնդման ճշմարտացիությունն ապացուցելու փոխարեն ապացուցում ենք, որ նրա ժխտումը՝ *Ā* սխալ է, և կարծես երկու դեպքում էլ հիմքում գործ ունենք նույն *A* պնդման հետ. ելակետում՝ ուղիղ տեսքով, իսկ մեթոդի կիրարկման ընթացքում՝ ժխտված տեսքով:

Մինչդեռ, երբ հակասող ենթադրության մեթոդը մեկնաբանենք բազմությունների տեսության գործիքակազմի ներքո, ապա բոլորովին այլ պատկեր կունենանք: Այսպես, եթե, օգտվելով գիտական ճանաչողության հայտնի համանմանության մեթոդից, ելակետային *A* պնդման միշտ ճշմարիտ լինելը համադրենք ունիվերսալ բազմության հետ, իսկ հակասող ենթադրության արդյունքում ձևավորված *Ā* պնդման միշտ կեղծ լինելը (այսինքն, ապացուցելու համար, որ գոյություն չունի մի այնպիսի իրավիճակ, դեպք, երբ *Ā* պնդումը ճշմարիտ է) համադրենք դատարկ բազմության հետ, ապա միանգամայն հասկանալի կլինի, որ այս երկու դեպքերում մենք գործ կունենանք բոլորովին տարբեր բազմությունների հետ (մասնավորապես, ուղիղ տեսքով ելակետային պնդման դեպքում քննարկման ենթակա բազմությունը կլինի ունիվերսալ բազմությունը, իսկ հակասող ենթադրության մեթոդի կիրարկման ընթացքում ձևավորված ժխտված տեսքով պնդման դեպքում՝ դատարկ բազմությունը):

Հակասող ենթադրության մեթոդի կիրարկման փուլերը:

Ինչպես արդեն նշել ենք, դասավանդման տարիների փորձառությունը վկայում է, որ սովորողը, ով առաջին անգամ ծանոթանում է հակասող ենթադրության մեթոդի էությանը, խիստ թերահավատորեն է վերաբերվում վերջինիս արդյունավետությանը՝ գործնականում կարծելով, որ նա միևնույն բարդությանն ու դժվարությանն է բախվելու թե՛ ուղիղ տեսքով որևէ պնդման ճշմարիտ լինելն ապացուցելու համար, թե՛ հակասող ենթադրության մեթոդի կիրարկման արդյունքում ժխտված պնդման կեղծ լինելը ապացուցելու համար: Այս առումով, թյուր-

ըմբռնումներից խուսափելու համար, որպես մեթոդական ցուցում, կարծում ենք, որ նախ անհրաժեշտ է հակասող ենթադրության մեթոդի կիրարկման գործընթացը բաժանել միմյանցից հստակ տարանջատված չորս հիմնական փուլերի, այնուհետև անհրաժեշտ է մեկնաբանել այդ փուլերի էությունը: Այսպես, ապացուցման և/կամ հերքման խնդրում որևէ A պնդման ճշմարտացիությունը հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառմամբ ապացուցելու համար.

I փուլ-ենթադրության փուլ՝ կատարում ենք ապացուցման ենթակա ելակետային A պնդմանը հակասող ենթադրություն, այսինքն՝ ենթադրում ենք, որ տեղի ունի $\bar{A}$ պնդումը,

II փուլ-հակասության հանգելու փուլ՝ նախորդ փուլի արդյունքով, այսինքն ենթադրելով, որ տեղի ունի $\bar{A}$ պնդումը, փորձում ենք տրամաբանական դատողությունների միջոցով հանգել հակասության,

III փուլ-եզրակացության փուլ՝ նախորդ երկու փուլերի արդյունքով, այսինքն ենթադրելով, որ տեղի ունի $\bar{A}$ պնդումը և հանգելով հակասության՝ եզրակացնում ենք, որ A պնդումը տեղի ունենալ չի կարող (այսինքն՝ եզրակացնում ենք, որ $\bar{A}$ պնդումը կեղծ է),

IV փուլ-ապացուցման փուլ՝ ի նկատի ունենալով տրամաբանությունից հայտնի երրորդի բացառման օրենքը [2] (համաձայն որի՝ ցանկացած A ասույթի դեպքում անպայման ճշմարիտ է կամ A -ն, կամ նրա ժխտումը՝ $\bar{A}$ -ը), նախորդ փուլի արդյունքով (այսինքն՝ հիմնավորված համարելով, որ $\bar{A}$ պնդումը կեղծ է), ապացուցված ենք համարում, որ ելակետային A պնդումը ճշմարիտ է:

Չեշտ է նկատել, որ վերոնշյալ փուլերից երեքը՝ I, III և IV փուլերն ունեն ֆորմալ բնույթ և բուն ապացուցման և/կամ հերքման «բեռը» ծանրանում է II փուլում: Անհրաժեշտ է հստակ ընդգծել, որ հակասող ենթադրության մեթոդն ըստ էության ապացույցը տանելու եղանակ է, փուլերի կարգավորված հաջորդականություն, որոնց բարեհաջող ընթացքի դեպքում անվերապահ կհանգենք ելակետային խնդրի լուծմանը՝ պնդման ապացույցին, սակայն փուլերի բարեհաջող ընթացքն ապահովելու համար (մասնավորապես, երկրորդ փուլում հակասության հանգելու համար) հակասող ենթադրության մեթոդը մեզ ոչնչով օգնել չի կարող: Ահա սա է, որ երբեմն սովորողների մոտ բերում է թյուր ըմբռնման և տպավորություն է ստեղծվում, որ ինքնին հակասող ենթադրության մեթոդի կիրարկումը պետք է ապահովի խնդրի բարեհաջող լուծումը: Ամենաինչ՝ Պետք է հստակ շեշտել, որ II փուլում լոկ տրամաբանական դատողությունների և/կամ այլ հնարքների, սկզբունքների, մեթոդների կիրառման արդյունքում է միայն հնարավոր դառնում հանգել հակասության և, դրանով իսկ, ապահովել հակասող ենթադրության մեթոդի բարեհաջող կիրարկումը: Այսինքն, եթե մեզ չի հաջողվում II փուլում տրամաբանական դատողությունների միջոցով հանգել հակասության, ապա ըստ էության հակասող ենթադրության մեթոդը դառնում է անարդյունավետ և/կամ անկիրառելի:

Ըստ էության, II փուլի բարեհաջող ավարտն է ի վերջո ապահովում

հակասող ենթադրության բուն մեթոդի հնարավոր և արդյունավետ կիրառումը:

II փուլը ոչ միայն կողմնորոշիչ է բուն մեթոդի բարեհաջող կիրարկման տեսանկյունից, այլ նաև ունի մեծ նշանակություն սովորողների իմացական և ստեղծագործական կարողությունների զարգացման համար: Հենց II փուլն է, որ զարգացնում է սովորողների վերլուծական-համադրական ունակությունները, դիտարկելու, կռահելու, եզրակացություններ անելու կարողությունները, վերջիններիս մղում ստեղծագործական գործունեության: Այս փուլում է, որ աշակերտը պատիվ սովորողից վերածվում է անկախ մտածողի և տրամաբանորեն հիմնավորված դատողությունների ինքնուրույն կիրառողի, ինչի արդյունքում նա ձեռք է բերում ինքնավստահություն և հաջողակ լինելու զգացողություն:

Կարծում ենք՝ ապացուցման և/կամ հերքման տարբեր խնդիրներում հակասող ենթադրության մեթոդի ըստ փուլերի կիրարկումը կնպաստի թե՛ մեթոդի իմաստավորված յուրացմանը և թե՛ մեթոդի կիրարկման բարեհաջող ընթացքի ապահովմանը, քանզի փուլերի հստակ տարանջատումը հնարավորություն է տալիս յուրաքանչյուր փուլում հստակեցնել անելիքը (այսինքն՝ կշռադատել և հասկանալ, թե ինչից պետք է սկսել և ինչով պետք է ավարտել տվյալ փուլը) և փորձել կատարել այն:

Հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառումը ապացուցման և/կամ հերքման մաթեմատիկական որոշ խնդիրներում

Ստորև կդիտարկենք մաթեմատիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող ապացուցման և/կամ հերքման որոշ խնդիրներ, որոնց լուծման ընթացքում անմիջականորեն կօգտվենք հակասող ենթադրության մեթոդից:

Խնդիր 1: Ապացուցել, որ 2025×2025 չափերի քառակուսային աղյուսակի վանդակներում հնարավոր չէ տեղադրել -1 ; 0 և 1 թվերն այնպես, որ բոլոր տողերի, սյուների և անկյունագծերի վրա դասավորված թվերի գումարները լինեն միմյանցից տարբեր [6]:

Լուծում: Պնդումն ապացուցենք հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառմամբ: Ունենք ապացուցման ենթակա ելակետային A պնդում, այն է՝ *2025×2025 չափերի քառակուսային աղյուսակի վանդակներում հնարավոր չէ տեղադրել -1 ; 0 և 1 թվերն այնպես, որ բոլոր տողերի, սյուների և անկյունագծերի վրա դասավորված թվերի գումարները լինեն միմյանցից տարբեր:*

I փուլ-ենթադրության փուլ՝ կատարում ենք ապացուցման ենթակա ելակետային A պնդմանը հակասող ենթադրություն, այսինքն՝ ենթադրում ենք, որ տեղի ունի A պնդումը, այսինքն՝ *2025×2025 չափերի քառակուսային աղյուսակի վանդակներում հնարավոր է տեղադրել -1 ; 0 և 1 թվերն այնպես, որ բոլոր տողերի, սյուների և անկյունագծերի վրա դասավորված թվերի գումարները լինեն միմյանցից տարբեր:*

II փուլ-հակասության հանգելու փուլ՝ նախորդ փուլի արդյունքով, այսինքն ենթադրելով, որ տեղի ունի A պնդումը (այն է՝ *2025×2025 չափերի քառակուսային աղյուսակի վանդակներում հնարավոր է եղել տեղադրել -1 ; 0 և 1 թվերն այնպես, որ բոլոր տողերի, սյուների և անկյունագծերի վրա դասավորված թվերի գումար-*

ները լինեն միմյանցից տարբեր), փորձենք տրամաբանական դատողությունների միջոցով հանգել հակասության:

Ունենք 2025 հատ տող, 2025 հատ սյուն և 2 հատ անկյունագծի և, ուրեմն, հնարավոր գումարների քանակը $2025 + 2025 + 2 = 2052$ է: Այս հնարավոր գումարները դիտարկենք որպես «ճագարներ»:

Ըստ խնդրի պայմանի՝ յուրաքանչյուր տողում, սյունում կամ անկյունագծի վրա պետք է դասավորված լինեն 2025 հատ թվեր, որոնցից յուրաքանչյուրը կարող է լինել $-1; 0$ կամ 1 , հետևաբար որևէ տողում, սյունում կամ անկյունագծի վրա դասավորված թվերի գումարը կարող է լինել $-2025; -2024; \dots; -3; 2; -1; 0; 1; 2; 3; \dots; 2024$ կամ 2025 : Ըստ այդմ, յուրաքանչյուր տողի, սյան կամ անկյունագծի վրա դասավորված թվերի գումարի այս հնարավոր տարբերակներն էլ դիտարկենք որպես «վանդակներ»: Պայմանավորվենք յուրաքանչյուր «ճագար»-գումար տեղադրել թվապես իրեն հավասար «վանդակում»:

Հեշտ է նկատել, որ վերոգրյալի արդյունքում կունենանք $2 \cdot 2025 + 1 = 2051$ հատ «վանդակներ» և 2052 հատ «ճագարներ», հետևաբար, Դիրիխլեի սկզբունքի համաձայն, կգտնվի այնպիսի «վանդակ», որում կլինեն առնվազն երկու «ճագարներ», այսինքն՝ գոյություն կունենան երկու «ճագար»-գումարներ, որոնք գտնվում են նույն «վանդակում» կամ որ նույնն է, գոյություն կունենան երկու գումարներ, որոնք միմյանց հավասար են:

Ստացված արդյունքը հակասում է մեր այն ենթադրությանը, որ 2025×2025 չափերի քառակուսային աղյուսակի վանդակներում հնարավոր է եղել տեղադրել $-1; 0$ և 1 թվերն այնպես, որ բոլոր տողերի, սյուների և անկյունագծերի վրա դասավորված թվերի գումարները լինեն միմյանցից տարբեր, այսինքն հանգել ենք հակասության:

III փուլ-եզրակացության փուլ՝ նախորդ երկու փուլերի արդյունքով, այսինքն ենթադրելով, որ տեղի ունի $\overline{A}$ պնդումը և հանգելով հակասության, եզրակացնում ենք, որ $\overline{A}$ պնդումը տեղի ունենալ չի կարող (այսինքն՝ եզրակացնում ենք, որ $\overline{A}$ պնդումը կեղծ է), ասել է թե՛ կեղծ է այն պնդումը, համաձայն որի՝ 2025×2025 չափերի քառակուսային աղյուսակի վանդակներում հնարավոր է տեղադրել $-1; 0$ և 1 թվերն այնպես, որ բոլոր տողերի, սյուների և անկյունագծերի վրա դասավորված թվերի գումարները լինեն միմյանցից տարբեր:

IV փուլ-ապացուցման փուլ՝ ի նկատի ունենալով տրամաբանությունից հայտնի երրորդի բացառման օրենքը, նախորդ փուլի արդյունքով ապացուցված ենք համարում, որ ելակետային A պնդումը ճշմարիտ է, այսինքն՝ 2025×2025 չափերի քառակուսային աղյուսակի վանդակներում հնարավոր չէ տեղադրել $-1; 0$ և 1 թվերն այնպես, որ բոլոր տողերի, սյուների և անկյունագծերի վրա դասավորված թվերի գումարները լինեն միմյանցից տարբեր, ինչն էլ պահանջվում էր ապացուցել:

Հավելենք, որ խնդիր 1-ի լուծման առաջարկվող մոտեցումը հնարավորություն է տալիս կատարել ընդհանրացում և համանման դատողություններով, հա-

կատող ենթադրության մեթոդի անմիջական կիրառմամբ (օգտվելով նաև Դիրիխլեի սկզբունքից) ապացուցել, որ ցանկացած k բնական թվի դեպքում kxk չափերի քառակուսային աղյուսակի վանդակներում հնարավոր չէ տեղադրել -1 ; 0 և 1 թվերն այնպես, որ բոլոր տողերի, սյուների և անկյունագծերի վրա դասավորված թվերի գումարները լինեն միմյանցից տարբեր:

Խնդիր 2: Տրված է իրական թվերի ինչ-որ եռյակ-բազմություն: Յուրաքանչյուր քայլում թույլատրվում է $\{a; b; c\}$ եռյակ-բազմությունից կազմել $\{a'; b'; c'\}$ նոր եռյակ-բազմություն այնպիսին, որ

$a' = a; b' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b+c); c' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b-c)$: Ապացուցել, որ այդպիսի գործողությունների արդյունքում որոշակի վերջավոր քայլերից հետո հնարավոր չէ իրական թվերի $\{\sqrt{2}; 1; 1+\sqrt{2}\}$ եռյակ-բազմությունից ստանալ $\left\{2; \sqrt{2}; \frac{1}{\sqrt{2}}\right\}$

եռյակ-բազմությունը [6]:

Լուծում: Պնդումն ապացուցենք հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառմամբ: Ունենք ապացուցման ենթակա ելակետային A պնդում, այն է՝ *որոշակի վերջավոր քայլերից հետո հնարավոր չէ իրական թվերի $\{\sqrt{2}; 1; 1+\sqrt{2}\}$ եռյակ-*

բազմությունից ստանալ $\left\{2; \sqrt{2}; \frac{1}{\sqrt{2}}\right\}$ եռյակ-բազմությունը, եթե յուրաքանչյուր

քայլում թույլատրվում է $\{a; b; c\}$ եռյակ-բազմությունից կազմել $\{a'; b'; c'\}$

նոր եռյակ-բազմություն այնպիսին, որ $a' = a; b' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b+c); c' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b-c)$:

I փուլ-ենթադրության փուլ՝ կատարում ենք ապացուցման ենթակա ելակետային A պնդմանը հակասող ենթադրություն, այսինքն ենթադրում ենք, որ տեղի ունի $\overline{A}$ պնդումը, այսինքն՝ *որոշակի վերջավոր քայլերից հետո հնարավոր է իրական թվերի $\{\sqrt{2}; 1; 1+\sqrt{2}\}$ եռյակ-բազմությունից ստանալ*

$\left\{2; \sqrt{2}; \frac{1}{\sqrt{2}}\right\}$ եռյակ-բազմությունը, եթե յուրաքանչյուր քայլում թույլատրվում է

$\{a; b; c\}$ եռյակ-բազմությունից կազմել $\{a'; b'; c'\}$ նոր եռյակ-բազմություն

այնպիսին, որ $a' = a; b' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b+c); c' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b-c)$:

II փուլ-հակասության հանգեղն փուլ՝ նախորդ փուլի արդյունքով, այսինքն ենթադրելով, որ տեղի ունի $\overline{A}$ պնդումը (այն է՝ *որոշակի վերջավոր քայլերից*

հետո հնարավոր է իրական թվերի $\{\sqrt{2}; 1; 1+\sqrt{2}\}$ եռյակ-բազմությունից ստանալ $\left\{2; \sqrt{2}; \frac{1}{\sqrt{2}}\right\}$ եռյակ-բազմությունը, փորձենք տրամաբանական դատողությունների միջոցով հանգել հակասության:

Յուրաքանչյուր փուլում $\{a; b; c\}$ եռյակ-բազմության համար դիտարկենք $X = a^2 + b^2 + c^2$ թիվը: Նկատենք, որ $\{a'; b'; c'\}$ նոր եռյակ-բազմության դեպքում համանման $X' = (a')^2 + (b')^2 + (c')^2$ թվի համար կունենանք՝

$$X' = (a')^2 + (b')^2 + (c')^2 = a^2 + \frac{(b+c)^2}{2} + \frac{(b-c)^2}{2} = a^2 + b^2 + c^2 = X^2 = \text{const},$$

այսինքն հեշտ է նկատել, որ երբ յուրաքանչյուր քայլում $\{a; b; c\}$ եռյակ-բազմությունից կազմում ենք $\{a'; b'; c'\}$ նոր եռյակ-բազմություն, այնպիսին, որ

$$a' = a; b' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b+c); c' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b-c),$$

ապա մեր կողմից ներմուծված

$X = a^2 + b^2 + c^2$ մեծությունը մնում է անփոփոխ այս ձևափոխության նկատմամբ:

Այս փուլում, համաձայն մեր ենթադրության, որոշակի վերջավոր քայլերից հետո հնարավոր է իրական թվերի $\{\sqrt{2}; 1; 1+\sqrt{2}\}$ եռյակ-բազմությունից

ստանալ $\left\{2; \sqrt{2}; \frac{1}{\sqrt{2}}\right\}$ եռյակ-բազմությունը, հետևաբար, ըստ վերոգրյալի, այս

երկու եռյակներին համապատասխանող $X = a^2 + b^2 + c^2$ թվերը պետք է լինեն միմյանց հավասար, մինչդեռ նկատենք, որ $\{\sqrt{2}; 1; 1+\sqrt{2}\}$ եռյակ-բազմությանը

համապատասխանող X թվի համար կունենանք՝

$$X = (\sqrt{2})^2 + 1^2 + (1+\sqrt{2})^2 = 6 + 2\sqrt{2},$$

իսկ $\left\{2; \sqrt{2}; \frac{1}{\sqrt{2}}\right\}$ եռյակ-բազմությանը

համապատասխանող X' թվի համար կունենանք՝

$$X' = 2^2 + (\sqrt{2})^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = 6\frac{1}{2} \neq X^2,$$

փաստորեն, հանգեցինք հակասության:

III փուլ-եզրակացության փուլ՝ նախորդ երկու փուլերի արդյունքով, այսինքն ենթադրելով, որ տեղի ունի $\bar{A}$ պնդումը և հանգելով հակասության՝ եզրակացնում ենք, որ $\bar{A}$ պնդումը տեղի ունենալ չի կարող (այսինքն եզրակացնում ենք, որ $\bar{A}$ պնդումը կեղծ է), ասել է թե՛ կեղծ է այն պնդումը, համաձայն որի՝ որոշակի

վերջավոր քայլերից հետո հնարավոր է իրական թվերի $\{\sqrt{2}; 1; 1 + \sqrt{2}\}$ եռյակ-
 բազմությունից ստանալ $\left\{2; \sqrt{2}; \frac{1}{\sqrt{2}}\right\}$ եռյակ-բազմությունը, եթե յուրաքանչյուր
 քայլում թույլատրվում է $\{a; b; c\}$ եռյակ-բազմությունից կազմել $\{a'; b'; c'\}$
 նոր եռյակ-բազմություն այնպիսին, որ $a' = a; b' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b+c); c' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b-c)$:

IV փուլ-ապացուցման փուլ՝ ի նկատի ունենալով տրամաբանությունից
 հայտնի երրորդի բացառման օրենքը, նախորդ փուլի արդյունքով ապացուցված
 ենք համարում, որ ելակետային A պնդումը ճշմարիտ է, այսինքն՝ *որոշակի*
վերջավոր քայլերից հետո հնարավոր է իրական թվերի $\{\sqrt{2}; 1; 1 + \sqrt{2}\}$ եռյակ-
բազմությունից ստանալ $\left\{2; \sqrt{2}; \frac{1}{\sqrt{2}}\right\}$ եռյակ-բազմությունը, եթե յուրաքանչյուր
քայլում թույլատրվում է $\{a; b; c\}$ եռյակ-բազմությունից կազմել $\{a'; b'; c'\}$
նոր եռյակ-բազմություն այնպիսին, որ $a' = a; b' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b+c); c' = \frac{\sqrt{2}}{2}(b-c)$,
 ինչն էլ պահանջվում էր ապացուցել:

***Հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառումը ապացուցման նկատ հերքման
 ֆիզիկական որոշ խնդիրներում***

Ստորև կդիտարկենք ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող որոշ
 խնդիրներ նկատ պնդումներ, որոնց հիմնավորման ընթացքում անմիջականորեն
 կօգտվենք հակասող ենթադրության մեթոդից:

Խնդիր 3: Ուղղաձիգ վեր արձակված արկը պայթեց հետագծի վերին կետում՝
 բաժանվելով երեք բեկորների: Ապացուցել, որ պայթյունի հետևանքով այդ
 բեկորների ձեռք բերած արագությունները չեն կարող լինել փոխուղղահայաց [4]:

Լուծում: Պնդումն ապացուցենք հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառ-
 մամբ: Ունենք ապացուցման ենթակա ելակետային A պնդում, այն է՝ *հնարավոր*
չէ, որ ուղղաձիգ վեր արձակված արկի հետագծի վերին կետում պայթյունից առա-
ջացած երեք բեկորների ձեռք բերած արագությունները լինեն փոխուղղահայաց:

I փուլ-ենթադրության փուլ՝ կատարում ենք ապացուցման ենթակա ելակե-
 տային $\overline{A}$ պնդմանը հակասող ենթադրություն, այսինքն ենթադրում ենք, որ տեղի
 ունի $\overline{A}$ պնդումը, այսինքն՝ *հնարավոր է, որ ուղղաձիգ վեր արձակված արկի*
հետագծի վերին կետում պայթյունից առաջացած երեք բեկորների ձեռք բերած
արագությունները լինեն փոխուղղահայաց:

II փուլ-հակասության հանգեղու փուլ՝ նախորդ փուլի արդյունքով, այսինքն
 ենթադրելով, որ տեղի ունի $\overline{A}$ պնդումը (այն է՝ *հնարավոր է, որ ուղղաձիգ վեր*

արձակված արկի հետագծի վերին կետում պայթյունից առաջացած երեք բեկորների ձեռք բերած արագությունները լինեն փոխադրահայաց), փորձենք տրամաբանական դատողությունների միջոցով հանգել հակասության:

Պարզ է, որ հետագծի վերին կետում արկի արագությունը հավասար է զրոյի, հետևաբար զրոյի է հավասար նաև նրա իմպուլսը: Եթե տեղի ունենա $\overline{A}$ պնդման ընդունելությունը, և արկի բեկորները ձեռք բերեն փոխադրահայաց արագություններ, ապա դրանց իմպուլսները նույնպես կլինեն փոխադրահայաց: Բեկորների համախմբի իմպուլսը հավասար է առանձին բեկորների իմպուլսների վեկտորական գումարին: Քանի որ բեկորների իմպուլսները համագիծ վեկտորներ չեն (փոխադրահայաց են), ապա դրանց գումարը զրոյից տարբեր մի վեկտոր է, մինչդեռ իմպուլսի պահպանման օրենքը պահանջում է, որ դրանց գումարը հավասար լինի պայթյունից առաջ համախմբի իմպուլսին, այսինքն լինի զրո: Այսպիսով հանգեցինք իմպուլսի պահպանման օրենքի խախտման, այսինքն՝ հանգեցինք հակասության:

III փուլ-եզրակացության փուլ՝ նախորդ երկու փուլերի արդյունքով, այսինքն ենթադրելով, որ տեղի ունի $\overline{A}$ պնդումը և հանգելով հակասության՝ եզրակացնում ենք, որ $\overline{A}$ պնդումը տեղի ունենալ չի կարող (այսինքն եզրակացնում ենք, որ $\overline{A}$ պնդումը կեղծ է), ասել է թե կեղծ է այն պնդումը, համաձայն որի՝ *ուղղաձիգ վեր արձակված արկի հետագծի վերին կետում պայթյունից առաջացած երեք բեկորների ձեռք բերած արագությունները կարող են լինեն փոխադրահայաց*:

IV փուլ-ապացուցման փուլ՝ ի նկատի ունենալով տրամաբանությունից հայտնի երրորդի բացառման օրենքը, նախորդ փուլի արդյունքով՝ ապացուցված ենք համարում, որ ելակետային A պնդումը ճշմարիտ է, այսինքն՝ ուղղաձիգ վեր արձակված արկի հետագծի վերին կետում պայթյունից առաջացած երեք բեկորների ձեռք բերած արագությունները չեն կարող լինեն փոխադրահայաց, ինչն էլ պահանջվում էր ապացուցել:

Խնդիր 4: Ապացուցել, որ ազատ էլեկտրոնը չի կարող առաքել ֆոտոն [5]:

Լուծում: Պնդումն ապացուցենք հակասող ենթադրության մեթոդի կիրառմամբ: Ունենք ապացուցման ենթակա ելակետային A պնդում, այն է՝ *հնարավոր չէ ազատ էլեկտրոնի կողմից ֆոտոնի առաքումը*:

I փուլ-ենթադրության փուլ՝ կատարում ենք ապացուցման ենթակա ելակետային $\overline{A}$ պնդմանը հակասող ենթադրություն, այսինքն՝ ենթադրում ենք, որ տեղի ունի $\overline{A}$ պնդումը, այսինքն՝ *ազատ էլեկտրոնը կարող է առաքել ֆոտոն*:

II փուլ-հակասության հանգելու փուլ՝ նախորդ փուլի արդյունքով, այսինքն ենթադրելով, որ տեղի ունի $\overline{A}$ պնդումը (այն է՝ *ազատ էլեկտրոնը կարող է առաքել ֆոտոն*), փորձենք տրամաբանական դատողությունների միջոցով հանգել հակասության:

Քանի որ, համաձայն առաջադրանքի պայմանի, էլեկտրոնը ազատ է, ապա նրա հետ կապված հաշվարկման համակարգը կլինի իներցիալ: Պրոցեսը դիտարկենք հենց այդ համակարգում: Համաձայն էներգիայի պահպանման օրենքի՝

Ֆոտոն առաքելուց առաջ էլեկտրոնի էներգիան պետք է հավասար լինի ֆոտոնի առաքումից հետո էլեկտրոնի էներգիայի և առաջացած ֆոտոնի էներգիայի գումարին: Էլեկտրոնի ազատ, այսինքն դաշտերի կամ այլ մասնիկների ազդեցություններ չկրելու հանգամանքից հետևում է, որ այն չունի պոտենցիալ էներգիա և ընտրված հաշվարկման համակարգում պրոցեսի սկզբում այն օժտված է միայն հանգստի էներգիայով, իսկ վերջում՝ հանգստի և ռելյատիվիստական կինետիկ էներգիաների գումարով, որը մեծ կամ հավասար է հանգստի էներգիայից: Այսպիսով, պրոցեսի վերջում ունենք էլեկտրոնի հանգստի էներգիա, կինետիկ էներգիա և առաջացած ֆոտոնի էներգիա, որոնց գումարը հավասար չէ (մեծ է) պրոցեսի սկզբում առկա էլեկտրոնի հանգստի էներգիայից: Սա բերում է էներգիայի պահպանման օրենքի խախտման, այսինքն՝ հանգել ենք հակասության:

III փուլ-եզրակացության փուլ՝ նախորդ երկու փուլերի արդյունքով, այսինքն ենթադրելով, որ տեղի ունի $\overline{A}$ պնդումը և հանգելով հակասության՝ եզրակացնում ենք, որ $\overline{A}$ պնդումը տեղի ունենալ չի կարող (այսինքն եզրակացնում ենք, որ $\overline{A}$ պնդումը կեղծ է), ասել է թե կեղծ է այն պնդումը, համաձայն որի՝ *ազատ էլեկտրոնը կարող է առաքել ֆոտոն*:

IV փուլ-ապացուցման փուլ՝ ի նկատի ունենալով տրամաբանությունից հայտնի երրորդի բացառման օրենքը, նախորդ փուլի արդյունքով ապացուցված ենք համարում, որ ելակետային A պնդումը ճշմարիտ է, այսինքն՝ *հնարավոր չէ ազատ էլեկտրոնի կողմից ֆոտոնի առաքումը*, ինչն էլ պահանջվում էր ապացուցել:

Եզրակացություն

Բնչպես տեսնում ենք, թե՛ մաթեմատիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող ապացուցման և/կամ հերքման տարբեր խնդիրներում, թե՛ ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում հանդիպող հիմնավորման ենթական տարբեր պնդումներում հակասող ենթադրության մեթոդը կարող է ունենալ իր արդյունավետ և օգտակար կիրառությունը:

Բնչպես դիտարկված խնդիրներում համոզվեցինք, բոլոր դեպքերում հակասող ենթադրության մեթոդի կիրարկման գործիքակազմը՝ փուլերը նույնն են, մինչդեռ յուրաքանչյուր դեպքում համապատասխան II փուլում հակասության հանգելու համար կազմում ենք տրամաբանական դատողությունների յուրահատուկ և ինքնատիպ շղթա տվյալ խնդրին կամ պնդմանը համապատասխան՝ օգտվելով նաև հավելյալ այլ մեթոդից, օրենքից, սկզբունքից և/կամ հնարքից, մասնավորապես, խնդիր 1-ում հակասության հանգեցինք տրամաբանական դատողությունների միջոցով՝ հավելյալ օգտվելով Դիրիխլեի սկզբունքից, խնդիր 2-ում հակասության հանգեցինք տրամաբանական դատողությունների միջոցով՝ հավելյալ օգտվելով ինվարիանտի կիրառման մեթոդից, խնդիր 3-ում հակասության հանգեցինք տրամաբանական դատողությունների միջոցով՝ հավելյալ օգտվելով իմպուլսի պահպանման օրենքից, իսկ խնդիր 4-ում հակասության հանգեցինք տրամաբանական դատողությունների միջոցով՝ հավելյալ օգտվելով էներգիայի պահպանման օրենքից:

Դասավանդման տարիների փորձառությունը վկայում է, որ հակասող ենթադրության մեթոդի՝ ըստ փուլերի ներկայացումը նպաստում է սովորողների կողմից մեթոդի լիարժեք, իմաստավորված յուրացմանը, ինչպես նաև վերջինիս կիրառման արդյունավետ հնարավորությունների ընկալմանը, իսկ կոնկրետ մաթեմատիկական խնդիրներում և/կամ ֆիզիկական պնդումներում այս մեթոդի բարեհաջող կիրարկումը նպաստում է սովորողների որոնողական և տրամաբանական ընդունակությունների, ստեղծագործական մտածողության զարգացմանը:

DOI: <https://doi.org/10.58726/27382923-2025.1-139>

Գրականություն

1. Այվազյան Է. Ի., Մաթեմատիկայի դասավանդման մեթոդիկա, Երևան, ԵՊՀ հրատ., 2016, 202 էջ:
2. Բրուսյան Գ. Ա., Տրամաբանություն, Երևան, «Գիտություն» հրատ., 1998, 213 էջ:
3. Գևորգյան Գ. Գ., Սահակյան Ա. Ա., Հանրահաշիվ և մաթեմատիկական անալիզի տարրեր բնագիտական հոսքի համար, 11-րդ դասարանի դասագիրք, Երևան, «Տիգրան Մեծ», 2010, 208 էջ:
4. Ղազարյան Է., Մելիքյան Գ., Ֆիզիկայի թեստային առաջադրանքների ժողովածու: Հանրակրթական դպրոցի պետական ավարտական և միասնական քննություններին նախապատրաստվելու համար, Երևան, «Էդիտ Պրինտ», 2011, 364 էջ:
5. Бутиков Е.И., Быков А.Л., Кондратьев А.С. Физика в примерах и задачах. Москва: Наука. 1983, 463 с.
6. Горбачев Н. В. Сборник олимпиадных задач по математике, Москва: МЦНМО, 2004, 560 с.
7. Кондаков М. И. Логический словарь-справочник. Москва: Наука, 1975, - 717 с.
8. Hardy G. H., A Mathematician's Apology. Cambridge: University Press, 1940, p. 153.

О некоторых особенностях реализации метода от противного в школьном курсе математики и физики

Никогосян Гагик

Резюме

Ключевые слова: *высказывание, отрицание, множество, дополнение, этап, творческое мышление*

Данная работа посвящена освещению некоторых возможностей эффективного применения методадоказательства от противного в школьном курсе математики и физики. В статье сначала излагается суть метода от противного, инструментарий для его реализации, а затем выделяют основные трудности, с которыми сталкиваются учащиеся при применении этого метода. Сначала в статье кратко излагается суть метода как одного из основных методов косвенного доказательства. После этого сущность метода объясняется изначально с помощью инструментов теории высказываний, а затем с помощью инструментов теории множеств, с целью развеять иногда возникающее среди учащихся заблуждение о том, что метод от противного на самом деле никак не облегчает процесс доказательства. После чего в работе подробно представлены, четко разделены и объяснены основные этапы: успешная реализация которых является единственным способом эффективного применения данного метода к различным задачам. При этом специально подчеркивается и подробно разъясняется, что основная трудность в применении метода заключается во втором из выделенных этапов, когда необходимо перейти к противоречию путем логических рассуждений, а остальные этапы, как правило, носят формально-содержательный характер. В работе также рассматриваются различные задачи доказательства и/или опровержения, встречающиеся в школьном курсе математики, а также различные утверждения, встречающиеся в школьном курсе физики, при решении и/или доказательстве которых непосредственно применяется метод от противного.

On Some Features of the Implementation of the Proof by Contradiction Method in the School Course of Mathematics and Physics

Nikoghosyan Gagik

Summary

Key words: *statement, negation, set, addition, stage, creative thinking*

The following paper is devoted to highlighting some of the possibilities for the effective application of the proof by contradiction method in the school course of mathematics and physics. To begin with, the article outlines the essence of the proof by contradiction method, the tools for its implementation. The article begins by briefly outlining the essence of the method as one of the main approaches to indirect proof. It then explains the method in more depth, first using the tools of propositional logic and later employing set theory. Following this, the article clearly presents and distinguishes the main stages involved in effectively applying the method. It emphasizes that the key challenge lies in the second stage: deriving a contradiction through logical reasoning. The other stages are generally more straightforward and primarily formal or procedural in nature. Finally, the paper examines various problems of proof and/or refutation encountered in the school mathematics course, as well as various statements encountered in the school physics course, in the solution and/or proof of which the method of contradiction is directly applied.

Ներկայացվել է 02. 04. 2025 թ.

Գրախոսվել է 15. 04. 2025 թ.

Ընդունվել է տպագրության 05. 06. 2025թ.

ՀԱՄԱՌՈՏ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

1. **Առաքելյան Գառնիկ** – Հայաստանի պետական տնտեսագիտական համալսարան, ասիստենտ, arakelyan0393@mail.ru
2. **Ասատրյան Նազելի** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, nazeliasatryan947@gmail.com
3. **Ավանեսովա Նելլի** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, քիմիական գիտությունների թեկնածու, քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դասախոս, nelli.avanesova54@gmail.com
4. **Բայրամյան Լիլյա** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, գյուղատնտեսական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ, քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի ավագ դասախոս, bayramyanlilia@gmail.com
5. **Եսայան Պատրիկ** – Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, 2-րդ կուրսի ասպիրանտ, patyesayan@gmail.com
6. **Զաքարյան Մանվել** – «Երևանի պետական համալսարան» հիմնադրամի Իջևանի մասնաճյուղ, ֆ.-մ. գ. թ., ընդհանուր մաթեմատիկայի և բնագիտության ամբիոնի դոցենտ, mzakar@mail.ru,
7. **Լոքյան Արևիկ** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, գյուղատնտեսական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ, քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի ավագ դասախոս, arevik.lokryan@mail.ru
8. **Խաչատրյան Լարիսա** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, մաթեմատիկայի և ինֆորմատիկայի ամբիոնի դասախոս, khachatryan.larisa47@inbox.ru
9. **Կիրակոսյան Արմեն** – Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, տեխնիկական գիտությունների թեկնածու, Էլեկտրական մեքենաների և ապարատների ամբիոնի դոցենտ, arm.kirakosyan71@gmail.com
10. **Կոծինյան Տաթևիկ** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, «քիմիա» մասնագիտության մագիստրատուրայի 1-ին կուրսի ուսանողուհի, kocinyantatev@gmail.com
11. **Հովհաննիսյան Ֆրունզե** – Ամստերդամի համալսարան, Հաղորդակցությունների գիտություն, alo.hovani@gmail.com
12. **Հովսեփյան Անժելա** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դասախոս, a.hovsepyan75@mail.ru
13. **Հովսեփյան Վարդուհի** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, varduhi@inbox.ru

14. **Ղազարյան Արմինե** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, քիմիական գիտությունների թեկնածու, քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, armash1974@mail.ru
15. **Ճաղարյան Մարիետա** – «Երևանի պետական համալսարան» հիմնադրամի Իջևանի մասնաճյուղ, ծրագրավորման և ինֆորմացիոն տեխնոլոգիաների ամբիոնի ասիստենտ, marieta.chagaryan@ysu.am,
16. **Մանուկյան Վարդան** – Շիրակի Մ. Նալբանդյանի անվան պետական համալսարան, ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու, մաթեմատիկա, ֆիզիկա և տեղեկատվական տեխնոլոգիաներ ամբիոնի դոցենտ, mvardan_1972@mail.ru
17. **Մանուկյան Տաթևիկ** – «Յան» կլինիկա, որակի պատասխանատու, tatevikmanukyan2001@gmail.com
18. **Մարկարյան Ռաիսա** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, «քիմիա» մասնագիտության մագիստրատուրայի 1-ին կուրսի ուսանողուհի, raisa_markaryan@list.ru
19. **Մխիթարյան Հասմիկ** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, hasmik_mkhitaryan88@mail.ru
20. **Նիկողոսյան Գագիկ** – Շիրակի Մ. Նալբանդյանի անվան պետական համալսարան, ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու, մաթեմատիկա, ֆիզիկա և տեղեկատվական տեխնոլոգիաների ամբիոնի գիտաշխատող, gagonik@mail.ru
21. **Մահակյան Ռուստամ** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր, ռեկտոր, rsahakyan@yahoo.com
22. **Միմոնյան Գևորգ** – Երևանի պետական համալսարան, քիմիական գիտությունների թեկնածու, անօրգանական և անալիտիկ քիմիայի ամբիոնի դոցենտ, ԵՊՀ Իջևանի մասնաճյուղի ընդհանուր մաթեմատիկայի և բնագիտության ամբիոնի վարիչ, sim-gev@mail.ru, gevorg.simonyan@ysu.am
23. **Սուքիասյան Աստղիկ** – ՀՀ ԳԱԱ Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտ, տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, դոցենտ, գիտաշխատող, sukiasyan.astghik@gmail.com.
24. **Վարդանյան Զարուհի** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, կենսաբանական գիտությունների դոկտոր, քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի պրոֆեսոր, zaruhi.vartanyan@mail.ru
25. **Քաղյան Շուշան** – «Վանաձորի Հ. Թումանյանի անվան պետական համալսարան» հիմնադրամ, կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, քիմիայի և կենսաբանության ամբիոնի դոցենտ, shoushankaryan@gmail.com

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ СТАТЕЙ

1. **Аванесова Нелли** – преподаватель кафедры химии и биологии Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, к. х. н., доцент, nelli.avanesova54@gmail.com
2. **Аракелян Гарник** – ассистент Армянского государственного экономического университета, arakelyan0393@mail.ru
3. **Асатрян Назели** – доцент кафедры химии и биологии Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, к. б. н., nazeliasatryan947@gmail.com
4. **Байрамян Лиля** – старший преподаватель кафедры химии и биологии Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, к. с./х. н., доцент, bayramyanlilia@gmail.com
5. **Вардanian Заруи** – профессор кафедры химии и биологии Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, д. б. н., zaruhi.vartanyan@mail.ru
6. **Джагарян Мариета** – ассистент кафедры программирования и информационных технологий Иджеванского филиала Фонда “Ереванский государственный университет”, marieta.chagaryan@ysu.am,
7. **Есаян Патрик** – аспирант 2-ого курса национального политехнического университета Армении, patusayan@gmail.com.
8. **Закарян Манвел** – доцент кафедры общей математики и естественных наук Иджеванского филиала Фонда “Ереванский государственный университет”, к. физ. -мат. н., mzakar@mail.ru,
9. **Казарян Армине** – заведующая кафедры химии и биологии Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, к. х.н., доцент, armash1974@mail.ru
10. **Карян Шушан** – доцент кафедры химии и биологии Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, к. б. н., shoushankaryan@gmail.com
11. **Киракосян Армен** – доцент кафедры электрических машин и аппаратов национального политехнического университета Армении, к. тех. н., arm.kirakosyan71@gmail.com
12. **Кочинян Татевик** – студентка 1-ого курса магистратуры по специальности «Химия», Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, kocinyantatev@gmail.com
13. **Лосян Аревик** – старший преподаватель кафедры химии и биологии Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, к. с./х. н., доцент, arevik.lokryan@mail.ru
14. **Маркарян Раиса** – студентка 1-ого курса магистратуры по специальности «Химия» Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, raisa_markaryan@list.ru

15. **Манукян Вардан** – доцент кафедры математики, физики и информационных технологий Ширакский государственный университет имени М. Налбандяна, к. физ.-мат. н., mvardan_1972@mail.ru
16. **Манукян Татевик** – «Ян» клиника, менеджер по качеству,
17. tatevikmanukyan2001@gmail.com
18. **Мхитарян Асмик** – доцент кафедры химии и биологии Фонда «Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна», к. б. н.,
19. hasmik_mkhitaryan88@mail.ru
20. **Никогосян Гагик** – научный сотрудник кафедры математики, физики и ИТ Ширакского государственного университета имени М. Налбандяна, к. физ.-мат. н., gagonik@mail.ru
21. **Овсепян Анжела** – преподаватель кафедры химии и биологии Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, a.hovsepyan75@mail.ru
22. **Овсепян Вардуи** – доцент кафедры химии и биологии Фонда «Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна», к. б. н., varduhi@inbox.ru
23. **Оганисян Фрунзе** – Амстердамский университет, Коммуникационные науки, Alo.hovani@gmail.com
24. **Саакян Рустам** – ректор Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, д. тех. н., профессор, rsahakyan@yahoo.com
25. **Симонян Геворг** – заведующий кафедры общей математики и естествознания Иджеванского филиала Фонда “Ереванский государственный университет”, к. х. н., доцент кафедры неорганической и аналитической химии, sim-gev@mail.ru, gevorg.simonyan@ysu.am
26. **Сукиасян Асттик** – научный сотрудник института общей и неорганической химии НАН РА, д. тех. н., доцент, sukiasyan.astghik@gmail.com.
27. **Хачатрян Лариса** – преподаватель кафедры математики и информатики Фонда “Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна”, khachatryan.larisa47@inbox.ru

BRIEF INFORMATION ABOUT THE AUTHORS OF THE ARTICLES

1. **Arakelyan Garnik** – Assistant of the Armenian State University of Economics, arakelyan0393@mail.ru
2. **AsatryanNazeli** – Associate Professor of the Chair of Chemistry and Biology of “Vanadzor State University after H.Tumanyan” Foundation, Candidate of Biological Sciences, nazeliasatryan947@gmail.com
3. **Avanesova Nelly** – Lecturer at the Chair of Chemistry and Biology of “Vanadzor State University after H.Tumanyan” Foundation, Candidate of Chemical Sciences, nelli.avanesova54@gmail.com
4. **BayramyanLilia** – Senior Lecturer at the Chair of Chemistry and Biology of “Vanadzor State University after H. Tumanyan” Foundation, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, bayramyanlilia@gmail.com
5. **Ghazaryan Armine** – Head of the Chair of Chemistry and Biology of “Vanadzor State University after H. Tumanyan” Foundation, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, armash1974@mail.ru
6. **Hovhannisyan Frunze** – University of Amsterdam, Communication Science, Alo.hovani@gmail.com
7. **Hovsepyan Anzhela** – Lecturer at the Chair of Chemistry and Biology of “Vanadzor State University after H. Tumanyan” Foundation, a.hovsepyan75@mail.ru
8. **Hovsepyan Varduhi** – Associate Professor of the Chair of Chemistry and Biology of “Vanadzor State University after H.Tumanyan” Foundation, Candidate of Biological Sciences, varduhi@inbox.ru
9. **KaryanShushan** – Associate Professor of the Chair of Chemistry and Biology of “Vanadzor State University after H.Tumanyan” Foundation, Candidate of Biological Sciences, shoushankaryan@gmail.com
10. **Khachatryan Larisa** – Lecturer at the Chair of Mathematics and Informatics of “Vanadzor State University after H. Tumanyan” Foundation, khachatryan.larisa47@inbox.ru
11. **Kirakosyan Armen** – Associate Professor of the Chair of Electrical Machine and Apparatuses of the National Polytechnic University of Armenia, Candidate of Engineering Sciences, arm.kirakosyan71@gmail.com
12. **Kotsinyan Tatevik** – 1st Year Master Student in the Specialty “Chemistry” of “Vanadzor State University after H. Tumanyan” Foundation, kocinyantatev@gmail.com
13. **LokyanArevik** – Senior Lecturer at the Chair of Chemistry and Biology of “Vanadzor State University after H. Tumanyan” Foundation, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, arevik.lokyan@mail.ru
14. **Markaryan Raisa** – 1st Year Master Student in the Specialty “Chemistry” of “Vanadzor State University after H. Tumanyan” Foundation, raisa_markaryan@list.ru

15. **Manukyan Tatevik** – "Yan" clinic, quality manager,
tatevikmanukyan2001@gmail.com
16. **Manukyan Vardan** – Associate Professor of the Chair of Mathematics, Physics and IT of Shirak State University named after M. Nalbandyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, mvardan_1972@mail.ru
17. **Mkhitaryan Hasmik** – Associate Professor of the Chair of Chemistry and Biology of "Vanadzor State University after H.Tumanyan" Foundation, Candidate of Biological Sciences, hasmik_mkhitaryan88@mail.ru
18. **Nikoghosyan Gagik** – Researcher at the Chair of Mathematics, Physics and IT of Shirak State University named after M. Nalbandyan, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, gagonik@mail.ru
19. **Saakyan Rustam** – Rector of "Vanadzor State University after H. Tumanyan" Foundation, Doctor of Technical Sciences, Professor, rsahakyan@yahoo.com
20. **Simonyan Gevorg** – Head of the Chair of General Mathematics and Natural Sciences of the Ijevan Branch of "Yerevan State University" Foundation, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Chair of Inorganic and Analytical Chemistry, sim-gev@mail.ru, gevorg.simonyan@ysu.am
21. **Sukiasyan Astghik** – Researcher at the NAS RA Institute of General and Inorganic Chemistry, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
sukiasyan.astghik@gmail.com.
22. **Tchagharyan Marieta** – Assistant of the Chair of Programming and Information Technology of Ijevan Branch of "Yerevan State University" Foundation,
marieta.chagharyan@ysu.am,
23. **Vardanyan Zaruhi** – Professor of the Chair of Chemistry and Biology of "Vanadzor State University after H.Tumanyan" Foundation, Doctor of Biological Sciences,
zaruhy.vartanyan@mail.ru
24. **Yesayan Patrik** – 2nd year PhD student of National Polytechnic University of Armenia, patyesayan@gmail.com
25. **Zakaryan Manvel** – Associate Professor of the Chair of General Mathematics and Natural Sciences of Ijevan Branch of the "Yerevan State University" Foundation, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, mzakar@mail.ru

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ

Առաքելյան Գառնիկ

Դասական մեքենայական ուսուցման համար նոր փոփոխականների
մշակում խորը ուսուցման միջոցով..... 8

Մահակյան Ռուստամ, Հովհաննիսյան Ֆրունզե

Արհեստական բանականության կողմից ուղղորդվող
«դոմինոյի էֆեկտը»։ ինչպես է արհեստական բանականությունը
ազդում անհատական գնման որոշումների և
սպառողական վարքագծում սոցիալական խթանման վրա 21

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ջաքարյան Մանվել, Ճաղարյան Մարիետա

Հիպերկոմպլեքս թվեր..... 34

ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Բայրամյան Լիլյա, Լոքյան Արեհիկ, Ասատրյան Նազելի

Հայաստանի Լոռու մարզի ֆիտոցենոզներում հեռանկարային
որոշ դեղաբույսերի մոնիտորինգ..... 47

Սուքիասյան Աստղիկ, Եսայան Պատրիկ, Կիրակոսյան Արմեն, Ղազարյան Արմինե, Միմոնյան Գևորգ

Հող-ոռոգման ջրի համակարգում ծանր մետաղների կոնցենտրացիաների
սեզոնային փոփոխությունների հայտնաբերում՝ օգտագործելով
մեքենայական ուսուցման մոտեցումները..... 55

Վարդանյան Զարուհի, Հովսեփյան Վարդուհի, Մխիթարյան Հասմիկ

Գեներատիվ օրգաններից ստացված թանթրվենի սև բույսի հյութի և
օշարակի հակաբակտերիալ ակտիվության գնահատում 68

Վարդանյան Զարուհի, Ղազարյան Արմինե

Վանաձոր քաղաքի հարակից տարածքներում աճող վայրի ուտելի
որոշ բույսերում քլորոֆիլների և կարոտինոիդների
կոնցենտրացիաների որոշում 78

Քադյան Շուշան, Մանուկյան Տաթևիկ

Կրտսեր դպրոցականների կենսաբանական և
քրոնոլոգիական տարիքի համապատասխանության որոշումը
Վանաձորի մի շարք դպրոցներում 92

Ավանեստվա Նելլի, Հովսեփյան Անժելա, Կոծինյան Տաթևիկ

Ավագ դպրոցում քիմիայից լրացուցիչ նյութերի տրամադրումը որպես ուսուցման արդյունավետության բարձրացման միջոց..... 102

Խաչատրյան Լարիսա

Խնդիրներ, որոնց լուծումը բերում է դիֆերենցիալ հավասարման..... 115

Հովսեփյան Վարդուհի, Մարկարյան Ռաիսա

STEM կրթությունը ավագ դպրոցում

«Ածխաջրեր» թեմայի դասավանդման ժամանակ..... 122

Մանուկյան Վարդան

Ստեղծագործական մտածողության բաղադրիչների ձևավորումը

ֆիզիկայի և մաթեմատիկայի ուսուցման գործընթացում..... 131

Նիկողոսյան Գագիկ

Մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի դպրոցական դասընթացում

հակասող ենթադրության մեթոդի կիրարկման

որոշ առանձնահատկությունների մասին..... 139

ՀԱՄԱՌՈՏ ՏԵՂԵԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

ՀՈՒՎԱԾՆԵՐԻ ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ..... 153

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА

Аракелян Гарник

Создание новых переменных с помощью глубокого обучения
для обучения классических моделей машинного обучения 8

Саакян Рустам, Оганисян Фрунзе

Эффект домино, обусловленный ИИ: как искусственный интеллект
влияет на индивидуальные покупательские решения и
социальное поощрение в потребительском поведении 21

МАТЕМАТИКА

Закарян Манвел, Джагарян Мариета

Гиперкомплексные числа 34

БИОЛОГИЯ

Байрамян Лиля, Лосян Аревик, Асатрян Назели

Мониторинг некоторых перспективных лекарственных
растений в фитоценозах Лорийского Марза Армении 47

Сукиасян Астгик, Есаян Патрик, Киракосян Армен,

Казарян Армине, Симонян Геворг

Обнаружение сезонных изменений концентрации тяжёлых металлов
в системе оросительной воды-почва с использованием подходов
машинного обучения 55

Вардanian Заруи, Овсепян Вардуи, Мхитарян Асмик

Оценка антибактериальной активности сока и сиропа растения
Бузины черной полученной из генеративных органов 68

Вардanian Заруи, Казарян Армине

Определение концентраций хлорофиллов и каротиноидов
в некоторых дикорастущих съедобных растениях, произрастающих
в окрестностях города Ванадзор 78

Карян Шушан, Манукян Татевик

Определение соответствия биологического и хронологического
возраста младших школьников в ряде школ Ванадзора 92

ПЕДАГОГИКА И МЕТОДИКА

Аванесова Нелли, Овсепян Анжела, Коцинян Татевик

Предоставление дополнительных материалов по химии
в старших классах как средство повышения эффективности обучения 102

Хачатрян Лариса

Задачи, решение которых приводит к дифференциальному уравнению 115

Овсебян Вардуи, Маркарян Раиса

STEM-образование в средней школе при преподавании темы «Углеводы» .. 122

Манукян Вардан

Формирование компонентов творческого мышления

в процессе обучения физике и математике..... 131

Никогосян Гагик

О некоторых особенностях реализации метода

от противного в школьном курсе математики и физики..... 139

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ СТАТЕЙ 155

CONTENTS

INFORMATICS

Arakelyan Garnik

Creating New Variables Using Deep Learning for Training Classical Machine Learning Models	8
--	---

Saakyan Rustam, Hovhannisyan Frunze

The AI-Driven Domino Effect: How Artificial Intelligence Influences Individual Purchase Decisions and Social Reinforcement in Consumer Behavior	21
---	----

MATHEMATICS

Zakaryan Manvel, Tchagharyan Marieta

Hypercomplex Numbers	34
----------------------------	----

BIOLOGY

Bayramyan Lilia, Lokyan Arevik, Asatryan Nazeli

Monitoring of Some Prospective Medicinal Plants in Phytocenoses of Lori Region of Armenia	47
--	----

Sukiasyan Astghik, Yesayan Patrik, Kirakosyan Armen, Ghazaryan Armine, Simonyan Gevorg

Detection of Seasonal Changes in Heavy Metal Concentrations in the Soil-Irrigation Water System using Machine Learning	55
---	----

Vardanyan Zaruhi, Hovsepyan Varduhi, Mkhitaryan Hasmik

The Evaluation of the Antibacterial Activity of the Juice and Syrup of the Black Elderberry Plant Obtained from the Generative Organs.....	68
--	----

Vardanyan Zaruhi, Ghazaryan Armine

The Determination of Chlorophyll and Carotenoid Concentrations in Certain Wild Edible Plants Growing in the Vicinity of Vanadzor	78
--	----

Karyan Shushan, Manukyan Tatevik

Determining the Correspondence Between the Biological and Chronological Age of Primary School Children in Several Schools in Vanadzor.....	92
--	----

PEDAGOGY AND METHODOLOGY

Avanesova Nelly, Hovsepyan Anzhela, Kotsinyan Tatevik

Providing Supplementary Materials from Chemistry
as a Means of Raising Teaching Effectiveness..... 102

Khachatryan Larisa

Problems, Solutions of which Lead to a Differential Equation 115

Hovsepyan Varduhi, Markaryan Raisa

STEM Education in High School during the Teaching of “Carbohydrates” 122

Manukyan Vardan

Formation of Components of Creative Thinking

in the Process of Teaching Physics and Mathematics..... 131

Nikoghosyan Gagik

On Some Features of the Implementation of the Proof

by Contradiction Method in the School Course of Mathematics and Physics 139

BRIEF INFORMATION ABOUT THE AUTHORS OF THE ARTICLES 157

Ի ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Հոդվածները տպագրվում են հայերեն, ռուսերեն կամ անգլերեն: Հոդվածը պետք է ներկայացնել էլեկտրոնային տարբերակով՝ ուղարկելով նշված էլեկտրոնային հասցեին, նշելով բոլոր հեղինակների տվյալները՝ հայերեն, ռուսերեն և անգլերեն: Համակարգչային շարվածքը՝ Microsoft Office Word 2007 ծրագրով, A4 ձևաչափի թղթի վրա, լուսանցքները վերևից (Top)՝ 20 մմ, ներքևից (Bottom)՝ 25 մմ, ձախից (Left)՝ 30 մմ, աջից (Right)՝ 10 մմ: Տառատեսակը հայերենի դեպքում՝ Unicode (Sylfaen), ռուսերենի և անգլերենի դեպքում՝ Unicode (Times New Roman), տառաչափը՝ 12, միջտողային հեռավորությունը (Line spacing)՝ 1.5, պարբերությունը (First line)՝ 0,75 սմ: Չօգտագործել մեկից ավել տառաբացակ: Աղյուսակները, նկարները, գծագրական պատկերները պետք է ունենան համարակալում, վերնագրային բացատրություն 10 տառաչափով, թավ, շեղ (Bold, Italic): Դրանց բարձրությունը չպետք է գերազանցի 170 մմ-ը, լայնությունը՝ 110 մմ-ը: Աղյուսակների տեքստը պետք է լինի 10 տառաչափով: Բանաձևները և մաթեմատիկական արտահայտությունները ներկայացվում են Microsoft Equation, շեղ, իսկ հիմնականները՝ առանձին տողով, մեջտեղում. կարող են համարակալվել նույն տողի աջ անկյունում՝ կոր () փակագծերի մեջ: Այն հոդվածների համար, որոնք պարունակում են խորհրդանշաններ և Sylfaen տառատեսակի մեջ չկան, պարտադիր է նաև դրանց էլեկտրոնային ֆոնտը: Առաջին էջի վերևում՝ Ոլորտը և ՀՏԴ, հաջորդ տողում՝ մեջտեղում, տրվում է վերնագիրը՝ թավ, առանց գլխատառերի: Հաջորդ տողում՝ աջ կողմում, անուն, ազգանուն (թավ և շեղ), գիտական աստիճան, կազմակերպություն: Հաջորդ տողում գրել «Հանգուցային բառեր.» արտահայտությունը և 6-8 հանգուցային բառեր կամ բառակապակցություններ: Հանգուցային բառերի շարք չեն ներառվում վերնագրում արդեն իսկ նշված բառերը: Հոդվածները ձևակերպվում են հստակ ենթաբաժիններով՝ ըստ ենթավերնագրերի: Տեքստում հղումները տրվում են ուղղանկյուն փակագծերում []: Ծանոթագրությունները տրվում են հերթական համարակալմամբ: Հոդվածի տեքստին հաջորդող տողի մեջտեղում գրվում է «Գրականություն» բառը՝ թավ, առանց գլխատառերի: Հաջորդ տողից բերվում է գրականության ցանկը՝ այբբենական կարգով, համարակալված: Գրականության ցանկին հաջորդում են ամփոփումները՝ երկու լեզվով, որոնք իրենց բովանդակությամբ և հանգուցային բառերով պետք է լինեն նույնական և բաղկացած լինեն 150-200 բառից: Գրվում է հոդվածի վերնագիրը, հաջորդ տողում՝ անունը, ազգանունը (ձևավորումը՝ ըստ բնագրային հոդվածի), և առանձին տողերով՝ ա) «Ամփոփում» բառը՝ համապատասխան լեզվով, առանց գլխատառերի, բ) հանգուցային բառերը, գ) ամփոփման տեքստը: Ամփոփումները չպետք է պարունակեն հապավումներ, հղումներ և մեջբերումներ: Ամփոփումները պետք է հոդվածի մասին պատկերացում տան հոդվածից առանձին և արտացոլեն հոդվածի բովանդակությունը: Հոդվածի առավելագույն ծավալը 20 էջ է՝ առանց երկու լեզվով ամփոփումների և գրականության, աղբյուրների, համառոտագրությունների ցանկերի: Հոդվածի ծավալի՝ առաջադրված չափանիշներին չհամապատասխանելու դեպքում տպագրության վերաբերյալ որոշումը կայացնում է խմբագրական խորհուրդը:

ԽՄԲԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

Մեր հասցեն՝ ՀՀ, 2001, ք. Վանաձոր, Տիգրան Մեծի 36

Հեռ.՝ (+374 322) 20917

Կայքէջ՝ www.vsu.am

Էլ. փոստ՝ teghkagirb@vsu.am

К СВЕДЕНИЮ

Статьи публикуются на армянском, русском или английском языках. Статью необходимо представить в электронном виде, отправив ее на указанный адрес электронной почты, указав данные всех авторов на армянском, русском и английском языках. Компьютерное оформление: файл Microsoft Office Word 2007. Размер бумаги – А4. Поля: сверху – 20 мм, снизу – 25 мм, слева – 30 мм, справа – 10 мм. Шрифт для армянского языка – Unicode (Sylfaen), для русского и английского языков – Unicode (Times New Roman), размер шрифта – 12, межстрочный интервал – 1,5, абзац (первая строка) – 0,75 см. Не использовать более одного пробела. Таблицы, рисунки и графические изображения должны иметь нумерацию, их заголовки должны иметь размер шрифта – 10 (Bold, Italic). Их высота не должна превышать 170 мм, ширина – 110 мм. Размер шрифта в таблице – 10. Формулы и математические выражения представляются в формате Microsoft Equation, курсивом, а основные – отдельной строкой в центре; могут быть пронумерованы в правом углу той же строки в круглых скобках (). Если статья содержит символы, не значащиеся в шрифте Sylfaen, то необходим и электронный фонд этих символов. На первой странице сверху указывается Сфера и УДК, а посередине следующей строки указывается заголовок (Bold), без заглавных букв. На следующей строке справа должны быть указаны имя и фамилия автора, ученая степень и название организации (Bold, Italic). Через строку написать словосочетание «Ключевые слова:» и 6-8 ключевых слов или словосочетаний. Слова, используемые в заголовке статьи, не должны включаться в ключевые слова. Статьи организованы в специальные подразделения в соответствии с подзаголовками. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках []. Примечания даются с возрастающей нумерацией. После текста статьи пишется слово «Литература» по центру строки жирным шрифтом, без заглавных букв. Со следующей строки – список литературы в алфавитном порядке, пронумерованный. После списка литературы представляются резюме на двух языках. Содержание резюме и ключевые слова на двух языках должны быть идентичными и состоять из 150-200 слов. Сначала указывается заглавие статьи, на следующей строке – имя и фамилия автора, (оформление по оригинальной статье) затем отдельными строками: а) слово «Резюме» на соответствующем языке, без заглавных букв, б) ключевые слова, в) текст резюме. Резюме не должны содержать ссылки на литературу, аббревиатуры и цитаты. Резюме статей должны отражать смысл и содержание статьи. Максимальный объем статьи – 20 страниц, без резюме на двух языках, списков литературы, источников и списков сокращений. В случае несоответствия объема статьи установленным критериям, решение о публикации принимает редакционная коллегия.

РЕДАКЦИЯ

Наш адрес: РА, 2001, г. Ванадзор, ул. Тиграна Меца 36

Телефон: (+374 322) 20917

Веб-сайт: www.vsu.am

Эл. почта: teghcakagirb@vsu.am

ACKNOWLEDGEMENT

The articles are published in Armenian, Russian or English. The article must be submitted in electronic version by sending it to the indicated e-mail address, providing the data of all authors in Armenian, Russian and English. The computer layout should be in Microsoft Office Word 2007 on A4 paper, margins: top – 20 mm, bottom – 25 mm, left – 30 mm, right – 10 mm. Font in case of Armenian – Unicode (Sylfaen), in case of Russian and English – Times New Roman, font size – 12, line spacing – 1,5, paragraph (First line) – 0.75 cm. No double space. Tables, pictures and graphic images should have numbering; their titles should have the font size – 10 (Bold, Italic). Their height should not exceed 170 mm, width – 110 mm. The font size of the tables should be 10. Formulas and mathematical expressions are presented in Microsoft Equation (Italic), and the main ones are on a separate line in the middle: can be numbered in the right hand corner of the same line, in round brackets (). If the article contains some symbols not found in Sylfaen font, the electronic font of those symbols is required as well. At the top of the first page the Sphere and UDC is mentioned, while in the middle of the next line the title of the article is written in Bold, without uppercase letters. The author's surname, name, academic degree and the name of organization should be in the right hand corner of the next line (Bold, Italic). The next line should start with the phrase – “Key words”, which should comprise 6-8 key words or expressions. Words used in the title should not be included in the key words. Articles are organized into special subdivisions according to subheadings. References in the text are given in square brackets []. References are presented numbered. In the middle of the line following the text of the article, the word “Bibliography” is written in Bold, without uppercase letters. The list of literary sources is presented in alphabetical order, numbered. Bibliography is followed by summaries in two languages, which should be identical in their content and key words and consist of 150-200 words. First, the title of the article is written, the author's name and surname, then in separate lines: a) the word “Summary” in the corresponding language, without uppercase letters, b) key words, c) the text of the summary. Summaries should not contain abbreviations, references and citations. The summaries should reflect the content of the article (should not be taken from the text). The maximum length of the article is 20 pages without summaries in two languages, lists of literary sources and abbreviations. In case the length of the article does not meet the set criteria, the decision concerning the publishing of the article is made by the editorial board.

EDITORSHIP

Our address: RA, 2001, Vanadzor, 36 Tigran Mets Str.

Telephone: (+374 322) 20917

Website: www.vsu.am

E-mail: tegheskagirb@vsu.am

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

«ՎԱՆԱԶՈՐԻ Հ. ԹՈՒՄԱՆՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ
ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ» ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ

ՎԱՆԱԶՈՐԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

Բնական և ճշգրիտ գիտություններ

1

ՎԱՆԱԶՈՐ – 2025

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ,
КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА**

**ФОНД «ВАНАДЗОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ О. ТУМАНЯНА»**

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

**ВАНАДЗОРСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Естественные и точные науки

1

ВАНАДЗОР – 2025

**RA MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE,
CULTURE AND SPORT**

**“VANADZOR STATE UNIVERSITY AFTER H. TUMANYAN”
FOUNDATION**

**SCIENTIFIC PROCEEDINGS OF
VANADZOR STATE UNIVERSITY**

Natural and Exact Sciences

1

VANADZOR – 2025

Լեզվական խմբագիր՝ *Վալերի Փիլոյան*
Համակարգչային ձևավորող՝ *Աշխեն Գալստյան*
Օտարալեզու տեքստերի խմբագիր՝ *Զարա Ալեքյան*

ՎԱՆԱԶՈՐ – 2025

Языковой редактор: *Валерий Пилоян*
Компьютерный дизайнер: *Ашхен Галстян*
Корректор иноязычных текстов: *Зара Алекиян*

BAHAДЗOP – 2025

Linguistic Editor: *Valeri Piloyan*
Computer Designer: *Ashkhen Galstyan*
Proofreader of Texts in Foreign Languages: *Zara Alekryan*

VANADZOR – 2025

www.vsu.am