

Т.Ф. Маратова<sup>1\*</sup>, Б.Г. Бостанов<sup>1</sup>, Я. Култан<sup>2</sup>, Д.Б. Наурызбаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Братиславадағы экономикалық университет, Братислава қ., Словакия

<sup>3</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

\*e-mail: maratova.tolganay1@gmail.com

## STEM НЕГІЗІНДЕ БОЛАШАҚ ИНФОРМАТИКТЕРДІ ДАЙЫНДАУ БОЙЫНША ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ ЖҮЙЕЛІК ШОЛУ

*Аңдатпа*

Бүгінгі таңда STEM (science, technology, engineering and mathematics) тәсілдері өскелең ұрпақтың цифрлық және ғылыми сауаттылығын арттыруда жаңа әдістердің бірі. Бұл зерттеу жұмысында, Scopus бүкіләлемдік мәліметтер қорындағы рецензияланған конференциялар мен журналдарға жарияланған мақалалардың тақырыптары, түйіндемелері мен кілттік сөздері негізінде келесідей талдаулар жасалды: STEM білім беруді тереңінен зерттеуші және қолданушы мемлекеттерді анықтау; информатикада STEM білім берудің негізгі даму бағыттарын көрсету; информатикада STEM білім беруді қолдануда қарастырылатын зерттеу сұрақтарын қарастыру. Нәтижесінде, Scopus ғылыми мәліметтер қорларындағы 2018-2022 жылдар аралығындағы STEM білім беру мен информатика саласының зерттеу сұрақтары мен даму бағыттары анықталған. Бұл зерттеудің негізгі мақсаты - STEM білім беру негізінде болашақ информатика мұғалімдерін дайындау әдістемесін жетілдірудің қажеттігін анықтауға және зерттеу тенденцияларын жүйелі түрде картаға түсіруге негіз болды.

**Түйін сөздер:** STEM, білім беру, информатика, болашақ информатика мұғалімдері, әдіс, VOS Viewer.

*Аннотация*

Т.Ф. Маратова<sup>1</sup>, Б.Г. Бостанов<sup>1</sup>, Я. Култан<sup>2</sup>, Д.Б. Наурызбаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный женский педагогический университет, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Экономический университет в Братиславе, г. Братислава, Словакия

<sup>3</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

## СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ ИНФОРМАТИКОВ НА ОСНОВЕ STEM

Образовательные подходы STEM (science, technology, engineering and mathematics) являются одним из новых методов повышения цифровой и научной грамотности подрастающего поколения. В исследовательской работе на основе заголовков, резюме и ключевых слов статей, опубликованных в рецензируемых конференциях и журналах всемирной базы данных Scopus, был проведен следующий анализ: определение государств-исследователей и пользователей STEM-образования из глубин; показ основных направлений развития STEM образования в информатике; рассмотрение вопросов исследования, учитываемых при использовании STEM-образования в информатике. В результате определены вопросы и направления развития исследований в области STEM образования и информатики в период с 2018 по 2022 годы в научных базах данных Scopus. Основная цель этого исследования – выявить необходимость совершенствования методики подготовки будущих учителей информатики на основе STEM-образования и заложить основу для систематического картирования тенденций исследований.

**Ключевые слова:** STEM, образование, информатика, будущие учителя информатики, метод, VOS Viewer.

*Abstract*

## A SYSTEMATIC REVIEW OF SCIENTIFIC RESEARCH ON THE TRAINING OF FUTURE INFORMATICS BASED ON STEAM

Maratova T.F.<sup>1</sup>, Bostanov B.G.<sup>1</sup>, Kultan J.<sup>2</sup>, Naurzybayev D.B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kazakh national women's teacher training university, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>University of Economics in Bratislava, Bratislava, Slovakia

<sup>3</sup>Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan

STEM (science, technology, engineering, mathematics) educational approaches are the new methods of increasing digital and scientific literacy of the younger generation. Research paper, based on the titles, summaries and keywords of articles published in peer-reviewed journals of the Scopus world database, the following analysis was carried out: identification of research States and users of STEM from the depths; show the main directions of development of STEM

in computer science; consideration of research issues considered when using education in computer science. As a result, the issues and directions of research development in the field of STEM education and computer science in the period from 2018 to 2022 in the scientific databases of Scopus were identified. The main purpose of this study is to identify the need to improve the methods of training future computer science teachers based on STEM education and to lay the foundation for systematic mapping of research trends.

**Keywords:** STEM, education, computer science, future computer science teachers, method, VOS Viewer.

### **Кіріспе**

Соңғы жылдары ғылым, технология, инженерия және математика салаларында тек пән айналасынан бөлек тереңірек зерттеулер жүргізіп, пәнаралық байланыс жасауға негізделуі тиіс деген талаптар қойылуда - STEM бұл мәселені шешуде пайдалы құралға айналды [1].

STEM білім беру - білім алушылардың ғылыми әдістерді теориялық деңгейде оқып қана қоймай, сонымен қатар іс жүзінде қалай қолдануға болатынын түсіне алатын аралас ортаны құрушы болып табылады. Бұл әдіс негізінде білім алушылардың математика, информатика, физика, робототехника және т.б. пәндерді өзара байланыстырып оқу арқылы, өздерінің зерттеушілік құзіреттіліктерін кеңейтіп, пәнге деген қызығушылықтарын оятып, көшбасшылық қасиеттерін дамытуға мүмкіндігі болады.

Дәлірек айтқанда, STEM білім беру мүмкіндіктерін информатика саласының дәстүрлі біліммен қатар, бағыты мен оның тиімділігін анықтау барысындағы соңғы 5 жылдағы дүниежүзілік рецензияланатын ғылыми әдебиеттердің библиографиялық және рефераттық дерекқоры Scopus-та жарияланған ғылыми мақалаларға жүйелі шолу көрсетілді. Оны анықтау үшін кілттік сөздер арқылы мақала тақырыптары мен түйіндемелеріне контент-талдау әдісі жүргізілген.

STEM-ең көп сұранысқа ие пәндер ретінде ғылымды, технологияны, инженерияны және математиканы интеграцияланған зерттеуге негізделген оқыту әдісі. Білім берудегі STEM технологиялары материалды теориялық зерттеуді ғана емес, сонымен қатар практикалық қолдануды да қамтамасыз етеді [2].

STEM білім алушыларға ғылыми әдістерді теориялық деңгейде меңгеріп қана қоймай, оларды іс жүзінде қалай қолдану керектігін түсінуге мүмкіндік беретін аралас ортаны құруға негізделген. Соның негізінде, білім алушылар өздерінің зерттеу құзыреттіліктерін кеңейтуге, пәнге деген қызығушылықты оятуға және көшбасшылық қасиеттерін дамытуға мүмкіндік алады.

Қазақстанда STEM білім беру әдісі мен информатика саласын біріктіріп іске асыру жоғары білімнің алдына пәнаралық және зерттеу құзыреттілігі бар болашақ информатика мұғалімдерін дайындау міндетін қояды. Бұл дегеніміз, педагогикалық университеттің түлегі жас ұрпақты оқыту, тәрбиелеу және дамыту саласындағы стандартты кәсіби міндеттерді шеше білуден басқа, жаңа идеяларды қалыптастыруға, оларды жобаларда іске асыруға, ғылыми зерттеулер жүргізуге, олардың нәтижелерін енгізуге және басқарушылық қасиеттерге ие болуға дайын болуы керек. Себебі, жаңа заман талаптарына сәйкес бір бағыт бойынша жұмыс жасайтын мамандарға қарағанда жан-жақты дамыған мета-пәндік байланыс жасауға құзіретті мамандарды қажет етеді [3].

STEM - пәнаралық байланыс. Әдетте пәнаралық байланыс кезінде әдіске қатысушы оқытушылар арасында топтық байланыс болуы керек. Егер де оқытушылар өздерінің пәндеріне сәйкес тақырыптарын түсіндіру барысында басқа да пәндердің мазмұнымен байланыстырып түсіндіретін болса, онда нағыз пәнаралық байланыс осы болады. Әрине әр пәннің өзіне тиесілі көлемі мен мазмұны бар, алайда егер информатика және математика мұғалімдері пәнаралық байланысты енгізетін болса, онда информатиканың жаңа әдістері де математиканың жаңа әдістері де жан-жақты тұжырым арқылы сипатталатын болады. Бұл жан-жақты тұжырым екі бағытты байланыстырушы нүкте ретінде қарастырылады. Мысалы, егер негізі ұғым қандай да бір мәліметтер болатын болса, математика мұғалімі мәліметтерді жинауды және соларды қандай да бір графикке салуды үйрететін болса, информатика мұғалімі мәліметтерді қорға жинап реттеуді және әр түрлі қолданбалы бағдарламалар арқылы графикті визуализациялауға мүмкіндік берер еді [4].

### **Зерттеудің әдіснамасы**

Бұл зерттеудің мақсаты - Қазақстанда STEM қолдану мүмкіндіктерін дамыту, Қазақстандағы жағдайларға бейімдеу, сондай-ақ STEM пайдаланудың оң және теріс жақтарын білу болып табылады.

Зерттеулерге сәйкес, соңғы жылдары Қазақстанның білім беру жүйесінде STEM әдісінің қалай дұрыс қолдану керек екенін, әдістің пәнаралық байланыс түсінігін қалыптастыру мен оқу үдерісіне енгізуде қиындық туғызатынын байқауға болады [5]. STEM әдісінің негізгі идеясы - пәндер

арасындағы барлық айырмашылықты жойып, барлығын бір тұтас пән ретінде ұсыну. Логикалық математика, физика, информатика мен шығармашылық ойлау және т.б.пәндерді дамыту негізінде құрылған оқытудың тұтас жүйесі, заманауи дидактикалық әдісі болып табылады.

Зерттеу жұмысында, Scopus әлемдік мәліметтер қорынан таңдалған информатикада STEM білім беру әдісін қолдану тақырбына сәйкес 2018-2022 жылдар аралығындағы мақалаларға зерттеу жүргізіліп, тақырыбы мен түйіндемелерінен “STEM”, “білім беру” және “информатика” кілттік сөздері болуы тиіс мақалалар таңдалды. Осы бағыттағы мақалаларда мазмұндық-талдау әдісін қолданған тиімді. Мазмұндық-талдаулар негізінде зерттеулер үлкен көлемдегі мәліметтерді жүйелеу арқылы өзінің тиімділігін дәлелдеді. Көбінесе мазмұндық-талдау әдісінде мәліметтерде нәтижесін көрсету үшін сандық жүйе қолданылады [6].

Жүйелік шолуға қажетті мақалаларға іріктеу келесідей кезеңдерден тұрды:

- Scopus мәліметтер қорында тақырыпқа сай үш кілттік сөз қолданылған мақалаларды анықтау;
- Анықталған мақалаларға іріктеу жасау: соңғы 5 жылдық мақалалар, тек ағылшын тілінде, ашық қол жетімділік және т.б.;
- Іріктелген мақалаларға жүйелік шолу жасалды (Сурет 1).



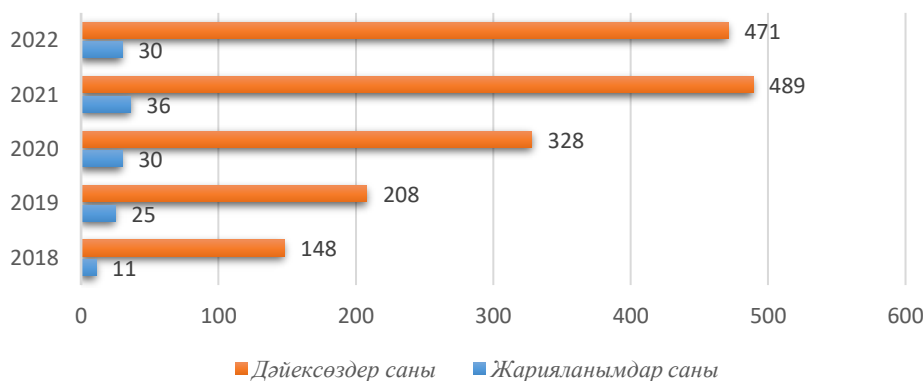
Сурет 1. Зерттеу кезеңдері

Тақырып, түйіндемелер және кілттік сөздерді талдау жасаған соң жалпы 1311 мақаланың ішінде 191 мақала іріктеліп, талданды. Нәтижесінде, зерттеу бағыты көбірек қарастырылған мемлекеттер мен авторлар, соңғы 5 жылдағы жарияланған мақалалар саны мен дәйексөздері анықталып, кілттік сөздер арқылы контент-талдау жасалды.

### Зерттеу нәтижелері

Нәтижесінде, кілттік сөздер арқылы “Әлеуметтік ғылымдар” және “Компьютерлік ғылымдар” бағыттарында жалпы 191 мақала анықталды (Сурет 2). Мәліметтерге сәйкес, жылдан-жылға STEM бағытына деген қызығушылық көбейіп, зерттеулер саны өскенін байқауға болады.

STEM әдісін қолдану бойынша жарияланымдар саны



Сурет 2. STEM әдісін қолдану бойынша жарияланымдар саны

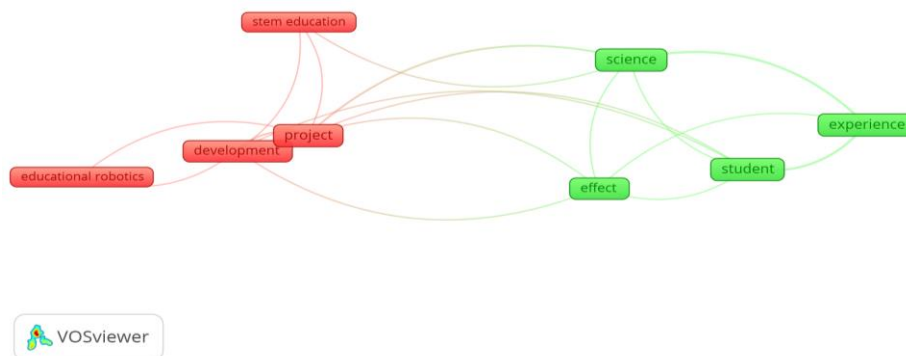
Сонымен қатар, 5 жылда іріктеліп отырған бағыт бойынша 54 мемлекеттен 179 автор 191 мақала жазған, соның ішінде ең көп мақала жариялаған алғашқы үштікке: АҚШ, Испания және Ұлы Британия мемлекеттері кіреді (Сурет 3).



Сурет 3. Тақырып бойынша мақала жариялаған мемлекеттер тізімі

Жоғарыда көрсетілген зерттеулерге сәйкес, жиналған мәліметтерді VOS Viewer бағдарламасында пайдалану арқылы жүйелі шолу жасалды. Зерттеу барысында, талданған мәліметтер ішінен, “STEM”, “білім беру” және “информатика” кілттік сөздері бар жарияланымдар анықталып, талдау жасалды [7].

Нәтижесінде, жарияланымдардағы кілттік сөздерді пайдаланып, тақырыбы мен түйіндемелерінде ең жиі кездесетін сөздер арқылы, болашақ информатика мұғалімдерін дайындауда STEM білім берудің қолданылу бағытын анықтадық. VOS Viewer бағдарламасында тақырып бойынша элементтердің картада пайда болуы үшін сөз кем дегенде 5 рет кездесу керек шартын қойып, 5300 термин арасынан осы шартты 260 элемент шартты қанағаттындырады. Іріктелген тақырыптың нәтижесінде, 8 элементтен тұратын 2 негізгі кластер анықталып, 2 түспен көрсетілді (Сурет 4):



Сурет 4. Іріктелген тақырыптардың желілік визуализациясы

Келесі қадам түйіндемелерді талдау болды. Іріктелген түйіндемелердің нәтижесінде, информатикада STEM білім беруді қолданумен байланысты 89 элементтен тұратын 6 негізгі кластер анықталып, 6 түспен көрсетілді. Бұл жерде әр элемент информатикада STEM білім беруді қолдануда бір бірімен байланыстағы салалар, жалпы байланыстың саны 2686 (Сурет 5).

1 сары түсті кластер түйіні 27 элементтен тұрады, 2 қызыл түсті кластер түйіні 32 элементті анықтайды, 3 күлгін түсті кластер түйінінде 21 элемент бар, 4 Қою көк түсті кластер түйінінде 15 элемент бар, 5 жасыл түсті кластер түйінінде 13 элемент бар, 6 көк түсте 11 элемент бар кілт сөз ең жиі кездеседі және айналады ең көп зерттелген тақырып 1-кестеде келтірілген.



STEM зерттеулерінің шығу тегін және аббревиатураның шын мәнінде не екенін қарастырды. Ол биологияда бұл термин әдетте "дің жасушаларымен" байланысты екенін хабарлады, бірақ білім беру саласында ол тек жалпы мағынада қолданылады. Ол оқытушылар оны әдетте жаратылыстану және математикалық білім беру кезінде қолданатынын, ал технология мен инженерия әдетте еленбейтінін атап өтті және STEM education терминін қарапайым ұран ретінде қолданудың орнына, ол оқу бағдарламасының негізгі бөлігі болуы керек деп ұсынды. Тәртіптік интеграцияға қатысты Генриксен төрт тәртіптік саланы біріктіруге негізделген STEM (ғылым, технология, инженерия және математика) пәнаралық сипаты студенттерге күрделі мәселені шешу үшін өз білімдерін әр түрлі тұрғыдан қолдануға көмектескенін растады [11].

STEM – бұл студенттерге пәнаралық көзқарас беру мүмкіндігі бар әртүрлі пәндердің интеграцияланған білім беру моделі, сондықтан ол тек пәндер арасында ғана емес, сонымен қатар білім берудің әртүрлі деңгейлерінде де байланысты қажет етеді. Осы тақырыпта көрсетілгендей, STEM білім беру саласы бастауыш, орта және жоғары білім беруді қамтиды. Мұндай проблеманы жеңу үшін STEM біліміне қызығушылық танытқан елдер білім берудің барлық деңгейлерінде STEM білім беру саласын кеңейтетін ұлттық стратегияларды әзірлеуі керек.

ЖОО-да STEM білім беруді қолданатын жаңа оқу бағдарламасының қажеттілігі, STEM білім беру жаратылыстану ғылымдары бойынша оқу бағдарламасы арқылы тиімді қамтамасыз етілгеніне қарамастан, STEM оқытудың жаңа стратегияларын әзірлеу қажет және STEM-ді жоғары білімге кешенді енгізу үшін реформаның қажеттілігі туындауда. Осындай мүдделі тараптардың пікірлерін ескере отырып, STEM білім беру жоғары сапалы біліміге әкеледі және студенттерге STEM мансабын жалғастыруға көмектеседі [12].

Сондықтан, жоғарыда айтылған пікірлерді ескере отырып, болашақ информатика мұғалімдерін дайындау барысында оқытылатын кәсіби пәндерін мазмұнына қосымша тараулар енгізу арқылы немесе танымал тәжірибеге назар аударудың орнына студенттерге бағытталған STEM білімін енгізу өте маңызды болып саналады, яғни, бұл - информатикадан оқытылатын кейбір пән мазмұндарын жетілдіру қажет деген сөз.

### **Қорытынды**

Қазақстанда STEM-білім беру тұжырымдамасын жүзеге асыру жоғары педагогикалық мектептің алдына пәнаралық байланыс негізінде зерттеу құзыреттілігі бар кадр-мұғалімдерді даярлау міндетін қояды. Педагогикалық жоғары оқу орнының түлегі өскелең ұрпақты оқыту, тәрбиелеу және дамыту саласындағы стандартты кәсіби міндеттерді шеше білуден басқа, жаңа идеяларды қалыптастыруға, жобаларда іске асыруға, ғылыми зерттеулер жүргізуге және олардың нәтижелерін енгізуге дайын болуы тиіс дегенді білдіреді.

STEM әдісі білім алушылар үшін жай ғана жоғары технологияларды үйретіп қана қоймай, сыни ойлау дағдыларын, мәселені талдаудағыларын қолданыпкүрделі мәселелерді шешіп, алға қойға мақсаттарына қолжеткізіп, қиылдағы жобаларын іс жүзінде жүзеге асыру мүмкіндігіне ие болады. STEM әдісін қолдану арқылы басқа әр түрлі пәндермен пәнаралық байланыс жасау арқылы күрделі тапсырмаларды шешімін тауып, шешімін тәжірибеде қолдануға мүмкіндік береді. Соның арқасында, тұлғааралық байланыс орнатып, білім алушылардың қызығушылығын арттыруға мүмкіндік аламыз.

Болашақ информатика мұғалімдерді кәсіби қызметке дайындау кезінде, ең алдымен, олардың танымдық дағдыларын, сондай-ақ тұлға-ішілік және тұлғааралық-эмоционалды интеллектін қалыптастыруды қамтамасыз ету қажет. Студенттерді білім берудегі әлемдік үрдістермен таныстыруға бағытталған белсенді түсіндіру жұмыстарын жүргізу маңызды, олардың арасында STEM білім беру алдыңғы қатарлы орындарға шығады.

Бұл мақаладағы жүйелі шолу нәтижесінде, информатикада STEM білім беруді қолдану негізінде зерттеу бағыттарын анықтау мақсатында соңғы 5 жылда 191 мақала анықталып, келісідей талдаулар жасалды:

- STEM білім беруді тереңінен зерттеуші және қолданушы мемлекеттер анықталды;
- Информатикада STEM білім берудің негізгі даму бағыттары көрсетілді;
- Информатикада STEM білім беруді қолдануда қарастырылатын зерттеу мәселелері анықталды.

Нәтижесінде, 2018-2022 жылдары аралығында информатикада STEM білім беру қолдану бағытына деген қызығушылық туындағаны байқалады соның негізінде келесі жылдарыда бұл бағыттағы мақалалар саны көбейетіні сөзсіз.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Gao X. et al. Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education //International Journal of STEM Education. – 2020. – Т. 7. – №. 1. – С. 1-14.
- 2 Doran, C., & Treagust, D. F. (Eds.). – 2020. *STEM education: Complex issues and solutions*. Routledge. National Science Board. Science and engineering indicators. – 2020. National Science Foundation, Arlington. –2021. <https://www.nsf.gov/statistics/2020/nsb20201/report>
- 3 Анисимова Т. И., Сабирова Ф. М., Шатунова О. В. Подготовка педагогов для STEAM-образования //Высшее образование сегодня. – 2019. – №. 6. – С. 31-35.
- 4 Land M. H. Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM //Procedia Computer Science. – 2013. – Т. 20. – С. 547-552.
- 5 Bozkurt A. et al. The Current State of the Art in STEM Research: A Systematic Review Study //Cypriot Journal of Educational Sciences. – 2019. – Т. 14. – №. 3. – С. 374-383.
- 6 Santi K. et al. STEAM in environment and science education: Analysis and bibliometric mapping of the research literature (2013-2020) //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1796. – №. 1. – С. 012097.
- 7 Chen, Y., & Liu, X. Investigating STEM students' motivation and learning in online courses. Proceedings of the International Conference on Education and Technology. –2021. С. 456-460. <https://doi.org/10.1109/ICET.2021.0011223>
- 8 Aguilera D., Ortiz-Revilla J. STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review //Education Sciences. – 2021. – Т. 11. – №. 7. – С. 331.
- 9 Quigley C. F., Herro D. "Finding the joy in the unknown": Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms //Journal of science education and technology. – 2016. – Т. 25. – С. 410-426.
- 10 Lin T. J. et al. Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals //International Journal of Science Education. – 2019. – Т. 41. – №. 3. – С. 367-387.
- 11 Land M. H. Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM //Procedia Computer Science. – 2013. – Т. 20. – С. 547-552.
- 12 Hughes B. S. et al. Integrating arts with STEM and leading with STEAM to increase science learning with equity for emerging bilingual learners in the United States //International Journal of STEM Education. – 2022. – Т. 9. – №. 1. – С. 1-19.

References:

- 1 Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-14.
- 2 Doran, C., & Treagust, D. F. (Eds.). (2020). *STEM education: Complex issues and solutions*. Routledge. National Science Board. (2021). *Science and engineering indicators 2020*. National Science Foundation, Arlington, VA. <https://www.nsf.gov/statistics/2020/nsb20201/report>
- 3 Anisova T.I., Sabirova F.M., Shatunova O. V. (2019). *Podgotovka pedagogov dlya STEAM-obrazovaniya. [Training of teachers for STEAM-education]. Vysshee obrazovanie segodnya*, (6), 31-35. (In Russian)
- 4 Land, M. H. (2013). *Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM*. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.
- 5 Bozkurt, A., Ucar, H., Durak, G., & Idin, S. (2019). *The Current State of the Art in STEM Research: A Systematic Review Study*. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 14(3), 374-383.
- 6 Santi, K., Sholeh, S. M., Alatas, F., Rahmayanti, H., Ichsan, I. Z., & Rahman, M. M. (2021, February). *STEAM in environment and science education: Analysis and bibliometric mapping of the research literature (2013-2020)*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1796, No. 1, p. 012097). IOP Publishing.
- 7 Chen, Y., & Liu, X. (2021). *Investigating STEM students' motivation and learning in online courses*. *Proceedings of the International Conference on Education and Technology*, 456-460. <https://doi.org/10.1109/ICET.2021.0011223>
- 8 Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). *STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review*. *Education Sciences*, 11(7), 331.
- 9 Quigley, C. F., & Herro, D. (2016). "Finding the joy in the unknown": Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of science education and technology*, 25, 410-426.
- 10 Lin, T. J., Lin, T. C., Potvin, P., & Tsai, C. C. (2019). *Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals*. *International Journal of Science Education*, 41(3), 367-387.
- 11 Land, M. H. (2013). *Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM*. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.
- 12 Hughes, B. S., Corrigan, M. W., Grove, D., Andersen, S. B., & Wong, J. T. (2022). *Integrating arts with STEM and leading with STEAM to increase science learning with equity for emerging bilingual learners in the United States*. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1-19.