



АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
INFORMATION SYSTEMS

DOI 10.51885/1561-4212_2023_1_40

MFTAA 20.20.53.

М.Ж. Базарова¹, С. Адиканова¹, С.А. Бельгинова², И.Б. Карымсакова³, Д.Б. Бекенова⁴

¹Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ., Қазақстан

²Тұран Университеті, Алматы қ., Қазақстан

³Шәкәрім атындағы университет, Семей қ., Қазақстан

⁴Тұран-Астана университеті, Астана қ., Қазақстан

E-mail: madina_vkgtu@mail.ru

E-mail: ersal_7882@mail.ru

E-mail: sbelginova@gmail.com

E-mail: indiviki@mail.ru*

E-mail: daryba@mail.ru

МЕКТЕПТЕГІ БІЛІМ БЕРУ ПРОЦЕСІНДЕ STEM ОҚЫТУДЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ БАРЫСЫНДА ОНТОЛОГИЯЛЫҚ ИНЖИНИРИНГТІ ҚОЛДАНУ

ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ STEM В ШКОЛЬНОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

APPLICATION OF ONTOLOGICAL ENGINEERING IN THE IMPLEMENTATION OF STEM LEARNING IN THE SCHOOL EDUCATIONAL PROCESS

Аңдатпа. Мақалада жобалық оқыту әдісі және оны STEM білім беруде қолдану қарастырылады. Бұл STEM білім беру үшін онтологиялық инженерияның артықшылықтары мен кезеңдерін анықтайды. Мақалада «Мектептегі STEM білім беру» онтологиялық моделінің дамуы талқыланады. Бұл Protégé 4 редакторында жасалған «Мектептегі STEM білім беру» онтологиясы, оған қажетті сыныптар, қарым-қатынастар, қасиеттер мен мектептегі оқу процесіне қатысатын тұлғалар бар. Бұл онтологияға қойылатын талаптар болып келеді. Жасалған онтологияның класстары мен фрагменттерінің иерархиясы ұсынылған. Мектептегі білім сапасын арттыруға STEM тәсілін қолдану және онтологиялық инженерия әдістерін қолдана отырып, пәндік сала туралы білімді семантикалық сипаттау арқылы қол жеткізуге болады. Онтологияны тиісті мектеп деректерімен толтыру мектептің толық мәліметтер базасын құруға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл STEM тәсілі мен оқу мазмұнын пайдалана отырып, сабақ жоспарын әзірлеудің тиімділігін арттыруға көмектеседі.

Түйін сөздер: STEM, білім, мектеп, онтология, онтологиялық инженерия, құзыреттер, білім қоры.

Аннотация. В статье рассматривается проектный метод обучения и его применение в STEM-образовании. Это определяет преимущества и этапы онтологической инженерии для STEM-образования. В статье рассматривается разработка онтологической модели «STEM-образование в школе». Он представляет собой сгенерированную в редакторе Protégé 4 онтологию «STEM-образование в школе», содержащую необходимые классы, отношения, свойства и лиц, участвующих в школьном образовательном процессе. К этой онтологии предъявляются требования. Представлена иерархия классов и фрагменты сгенерированной онто-

гии. Повышение качества школьного образования может быть достигнуто за счет использования STEM-подхода и семантического описания знаний о предметной области с использованием методов онтологической инженерии. Наполнение онтологии актуальными данными школы позволит создать комплексную базу данных школы. Такой подход поможет повысить эффективность разработки плана урока с использованием STEM-подхода и содержания обучения.

В настоящее время профессии появляются на стыке технологий и естественных наук. Внедрение STEM-образования со школьной скамьи поможет школьникам легче адаптироваться в получении высшего образования и будущей профессии. Продвижение STEM-грамотности у студентов поможет им быть востребованными и выдерживать конкуренцию на рынке труда.

Ключевые слова: STEM, знания, школа, онтология, онтологическая инженерия, компетенции, база знаний.

Annotation. The article discusses a project-based learning method and its application for STEM-education. It determines advantages and ontological engineering stages for STEM-education. The article considers development of the ontological model “STEM-education in school”. It presents an ontology “STEM-Education in School” generated in Protégé 4 editor that contains necessary classes, relations, properties, and persons involved in the school education process. There are requirements to this ontology. A hierarchy of classes and fragments of the generated ontology are presented. Enhancement of school education quality can be achieved through the use of the STEM-approach and semantic description of the knowledge about the subject area with the use of ontological engineering methods. Filling of the ontology with actual data of a school will allow creating a comprehensive database of the school. This approach will help to improve efficiency of lesson plan development with the use of the STEM-approach and the learning content.

Currently, professions appear at the confluence of technologies and natural sciences. Implementation of STEM-education from school time will help schoolchildren to adapt themselves more easily in obtaining higher education and future profession. Promotion of STEM-literacy in students will help them to be in demand and able to meet competition in the labour market.

Keywords: STEM, knowledge, school, ontology, ontological engineering, competencies, knowledge base.

Kіpіcne. Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаев Қазақстан Республикасының Білім және ғылымды дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасында және Мемлекеттік бағдарламада өмірдің барлық салаларын цифрландыру және студенттерге үздіксіз білім беру қажеттілігін атап өтті. Қазақстан өмірінің барлық салаларын және экономикасын цифрландыру әлемдік аренада жетекші орын алуға және халықтың өмір сүру сапасын жақсартуға мүмкіндік береді, сондай-ақ кәсіпкерлікті дамытуға қолайлы жағдай жасайды. Білім беру жүйесін цифрландыру оқу материалының цифрлық көшірмелерін жасау, жұмыс үрдісін цифрландыру және жоғары жылдамдықты Интернетке қолжетімділікті қамтамасыз ету ғана емес. Бұл мектеп оқушыларын оқытуға деген көзқарастың, оқытудың мазмұны мен әдістерінің өзгеруі болып табылады.

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында білім беруге ерекше көңіл бөлінуде, жаңа тәсілдер қолданылуда, білім беру жүйесі цифрландыруда. Сондықтан балалардың оқу дағдыларын әрі қарай дамытып, тұлғалық өсуі үшін цифрлық дағдыларды дамыту қажет. Студенттер жаратылыстану, математика, технология және инженерия сияқты әртүрлі негізгі академиялық салаларда дамуы керек, яғни, STEM білім берудің жаңа бағытына сәйкес [1, 2]. Мақалада жобалық оқыту әдісі және оны STEM білім беруде қолдану қарастырылады. Бұл STEM білім беру үшін онтологиялық инженерияның артықшылықтары мен кезеңдерін анықтайды [3-10].

Материалдар мен әдістер. STEM білімі – бұл оқу мен мансапты байланыстыратын көпір. Қазіргі әлемде білім беруде жаңашылдарға қажеттілік бар, бұл басымдықтардың өзгеруіне әкеледі. Сыни ойлау дағдыларын, инновациялар үшін маңызды цифрлық

дағдыларды дамыту, оларды дамыту тәсілдерін табу қажет.

Оқушыларды оқыту процесінде STEM тәсілін қолдану танымдық қызығушылықты арттырады, ойлау процестерін белсендіреді және оқушылардың сандық дағдыларын қалыптастырады деген гипотезаны ұсынған жөн.

Жұмыстың мақсаты: оқушыларды оқыту процесінде STEM-тәсілді пайдалану сандық дағдыларды қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Міндеттері:

1. «STEM-жобаларды іске асыру кезінде оқушылардың сандық дағдыларын қалыптастыру» диссертациялық жұмыс тақырыбы бойынша әдеби дереккөздерді іздеу және талдау;
2. Stem-жобаларды іске асыру принциптерімен, артықшылықтарымен және кемшіліктерімен танысу;
3. Студенттерді оқыту процесінде сандық дағдыларды қалыптастыруға мүмкіндік беретін STEM тәсілін қолдана отырып онтологиялық модель құру.

Ғылыми зерттеу мәселелерін шешуде жобалар әдісі және онтологиялық талдау, бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеудегі объектілік тәсіл, оңтайландыру әдістері, математикалық және компьютерлік модельдеу әдістері қолданылды.

Дәстүрлі оқытудан айырмашылығы, STEM оқыту біз үшін әдеттегі сабақ мұғалімінің айналасында құрылған оқыту түрін өзгертеді. STEM әдіснамасына сәйкес, практикалық тапсырмаға немесе проблемаға назар аударылады. Студенттер тәжірибе жасау және қателіктер табу арқылы теориялық тұрғыдан емес, дәл қазір мәселені шешуді үйренеді.

STEM-білім беру жан-жақты оқыту, білімді өмірде қолдану, сыни ойлауды дамыту, өзіне деген сенімділік, топтық жұмыс, техникалық пәндерге қызығушылық, инновация, пәнаралық оқыту, техникалық және технологиялық даму сияқты бірқатар артықшылықтар береді [1, 2].

Білім беру бағдарламасының мақсаты – оқушыларды STEM пәндері саласындағы дағдылар мен білімді дамыту мақсатында STEM-қызметті оқушылардың білім беру процесіне біріктіре алатын STEM-педагогтарды даярлау болып табылады.

Кем дегенде бес жыл бұрын STEM-білім беруді енгізу жоспары жасалды, кезеңдері 1-суретте көрсетілген.



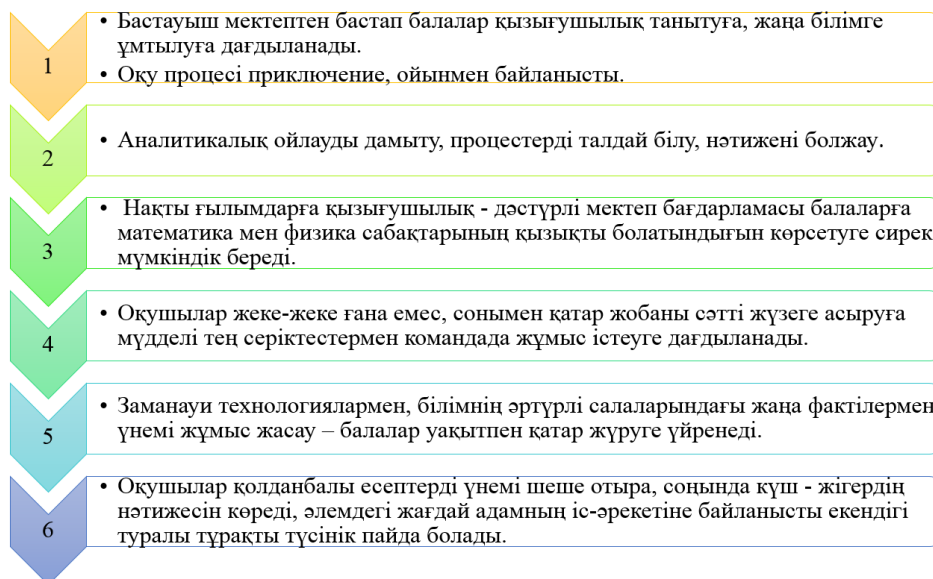
1-сурет. STEM білім беру кезеңдері

Білім берудегі STEM тәсілі студенттерде табысты мансап құруға қажетті қасиеттерді

дамытады.

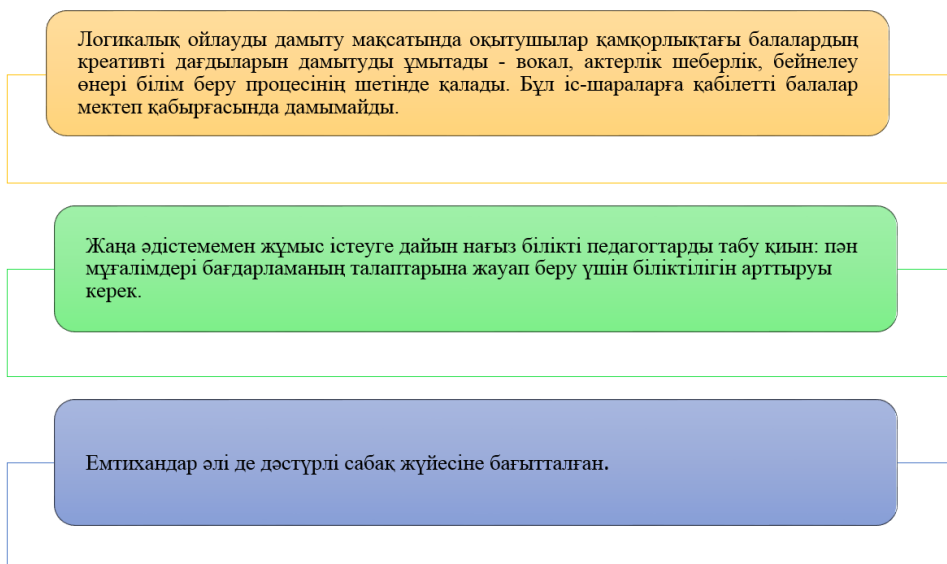
Білім алушы үшін STEM-білім берудің артықшылықтары 2-суретте көрсетілген.

STEM-білім беру ғылымдар мен пәндердің өмірдің әртүрлі салаларына енуін көрсететін оқытуды қамтиды.



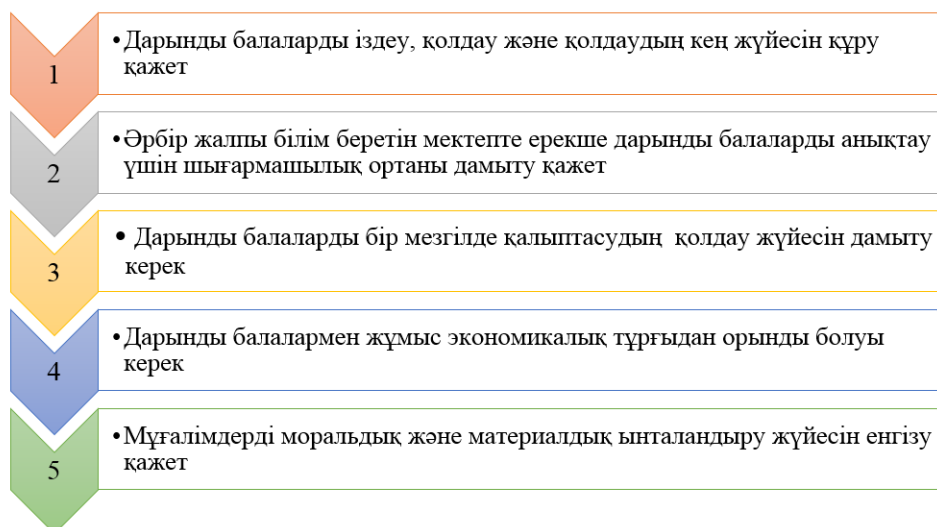
2-сурет. Мектепте STEM тәсілін жүзеге асыру

STEM-нің білімге деген көзқарасы барлық жердегі сияқты, кемшіліктері де бар. Мысалы, 3-суретте көрсетілген кемшіліктері.



3-сурет. Білімдегі STEM тәсілінің кемшіліктері

STEM-білім беруді енгізу шарттары (4-сурет) [11]:



4-сурет. Мектептегі STEM-технологиясы

Онтологиялық білім базалары дәстүрлі қолданылатын реляциялық мәліметтер базасынан артықшылығы бар. Ақпараттық және коммуникациялық технологиялардың дамуына байланысты сақтау деңгейі мен құрылымдардан басқа семантика деңгейін қамту қажет болады. Пәндік аймақтардың онтологиясын қолдану семантиканы көрсету үшін өзекті және тиімді.

Онтологияда келесі тұжырымдамалық құрылымдар бар: объектіге бағытталған бағдарламалаудағы сынып иерархиялары, тұжырымдамалық карталар, семантикалық желілер және т.б. [3-9].

Онтологиялық инженерияның визуалды тәсілі ең танымал. Көрнекі тәсіл технологияның негізгі түрлерін біріктіреді: объектіге бағытталған және құрылымдық талдау [10].

Онтологияны құру кезінде негізгі объектілерді, атрибуттарды және сыныптарды сипаттау үшін негізді анықтау қажет. Мысалы, «сыныптар» – «қатынастар» – «функциялар» – «аксиомалар» – «даналар» немесе көптеген «нысандар» – «қатынастар» – «рөлдер» – «атрибуттар» [3-10].

STEM-ді білім беру кеңістігіне біріктіру үшін қолданылатын негізгі оқыту әдісі – бұл жоба әдісі немесе дизайн әдісі. STEM тәсілі математика мен жаратылыстану ғылымдарын, бейнелеу өнері мен технологияларды, информатика мен физиканы жобалау жұмысында біріктіруге мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде студенттерге қоршаған әлемді толық білуге мүмкіндік береді. Бүгінгі таңда STEM-жобалар пәннің тақырыптары мен бағыттарын қолданбалы және іргелі деңгейде зерттеуге мүмкіндік береді [12].

Жобалау әдісі оқыту үшін жаңа емес. Жоба әдісі STEM-білім беру теориясы мен практикасының ассистент рөліндегі өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді. Бұл әдіс мақсатқа жетуге және мәселелерді шешуге бағытталған оқушының өзіндік танымдық жұмысына бағытталған.

Пәнаралық – әртүрлі білім беру саласындағы мамандардың басшылығымен аудиториядан тыс жерлерде орындалады. Байланыс сипатына байланысты жобалар сынып ішіндегі, мектепшілік, аймақтық және халықаралық болып жіктеледі [12].

Қазақстан Республикасында STEM-білім беруді енгізу және білім берудегі жаңа

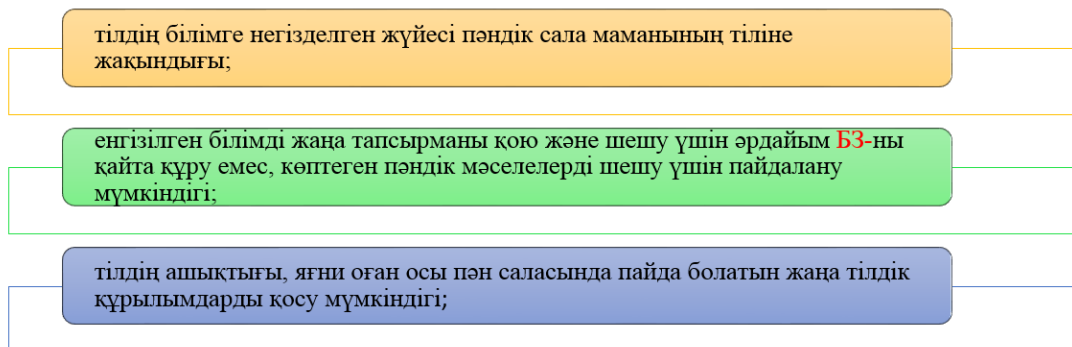
трендтерге сәйкес келу мақсатында біріктірілген сабақтар енгізілуде. Онтологияны дамытуға арналған әрекеттер тізбегі. Алдымен пәндік аймаққа талдау жасаңыз, ұғымдар мен қатынастардың синтезін жасаңыз, содан кейін объектілерді, атрибуттарды, қатынастарды, процестерді таңдаңыз.

Онтологияның даму кезеңдері 5-суретте көрсетілген.



5-сурет. Онтологияның даму кезеңдері

Білім базасын құру және пайдалану. Онтология декларативті сипаттамалар мен анықтамаларды біріктіру арқылы пәндік аймақтың модельдерін қалыптастыруға мүмкіндік береді. Онтологияны құру саласындағы мамандар келесі негізгі талаптарды қояды (6-сурет).



6-сурет. Сарапшылардың негізгі талаптары

Мектептегі информатика пәні оқушылардың сандық дағдыларын қалыптастыруға мүмкіндік береді. Аталған цифрлық дағдыларды дамыту және жаңа деңгейге жету қажет. Ол үшін мектеп оқушыларында есептеу және алгоритмдік ойлауды қалыптастыру қажет. Бұл бағыттағы қадамдардың бірі – білім беру жүйесін жаңғырту, мектеп бағдарламаларына

ақпараттық технологиялар саласындағы жаңа бағыттарды енгізу болып табылады.

Соңғы жылдары машина жасау, робототехника және онтологиялық инженерияға көп көңіл бөлінді. Барлық жерде бұл бағыттардың артында ақпараттық технологиялар саласындағы болашақ жатыр деп айтылады.

Машиналық оқыту – танымал білім саласы. Механикалық білім орта мектепте басталады. Python сізге математиканың тереңдігін айналып өтіп, машиналық оқытуды үйренуге мүмкіндік береді.

Машиналық оқыту – ақпараттық технологияларды дамытудағы ең перспективалы бағыттардың бірі. Машиналық оқыту әдістері адам қызметінің әртүрлі салаларында қолданылады. Осыған байланысты бұл саланы зерттеу мектептегі информатика курсынан қажет. Әрі қарай түлектер болашақта университетте немесе түрлі курстарда өз дағдыларын дамытып, білімдерін жетілдіре алады.

STEM тәсілін іске асырудың мысалын қарастырайық, «Машиналық оқыту» үшін STEM элементтерінің өзара әрекеттесуі 7-суретте көрсетілген.

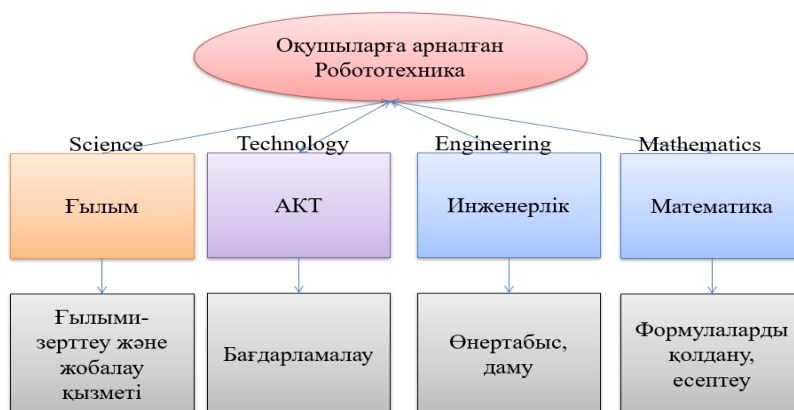


7-сурет. Оқушыларға арналған машиналық оқыту

Білім беру робототехникасы бағдарламалау және жобалау дағдыларын дамытуға мүмкіндік береді, STEM барлық элементтерінің интеграторы болып табылады. Сонымен қатар, мектептегі робототехника негіздері бойынша элективті курста математикадағы «арифметикалық амалдар» және информатикадағы «цикл» терминдерін қолдана отырып, қозғалыс жылдамдығын, лега машинасымен өткен қашықтықты есептеуге болады. Бұл процесс оқушыны автомобильдердің жалпы жылдамдығын, өткен жолды есептеу принципіне үйретеді. Осылайша, STEM білімі студенттерге өз білімдерін қоршаған орта процестерімен байланыстыра отырып, жобалық ойлауды дамытуға мүмкіндік береді.

STEM тәсілін жүзеге асырудың мысалы, «Робототехника» үшін STEM элементтерінің өзара әрекеттесуі 8-суретте көрсетілген.

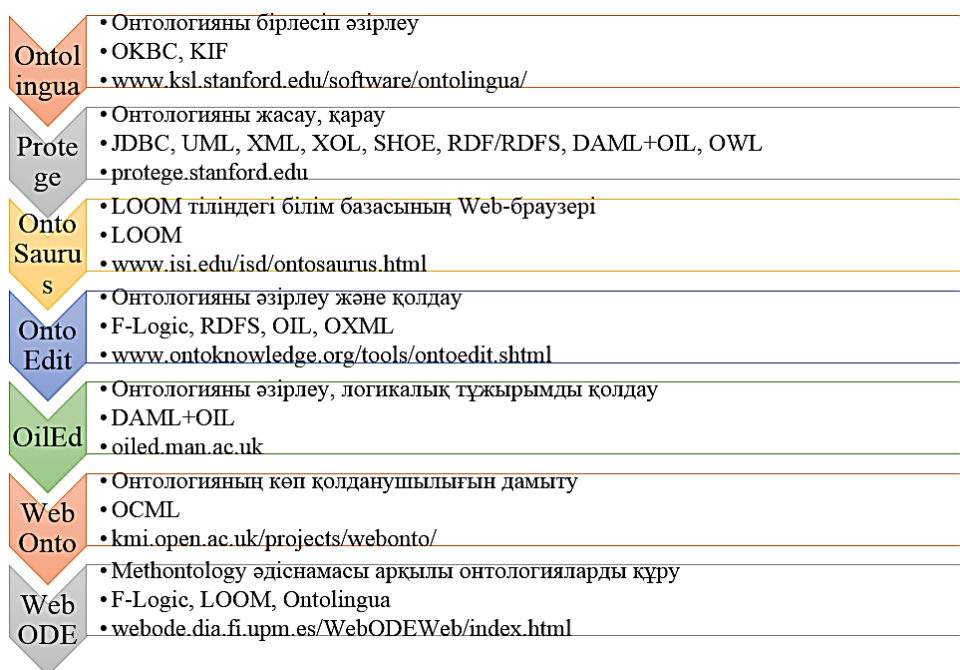
Робототехника оқушылардың түбегейлі жаңа дағдыларын дамытуға мүмкіндік береді: сыни ойлау, тапсырмаларды шығармашылық шешу, топтық жұмыс, шығармашылық, бейімделу, кодтау, қарым-қатынас дағдылары, жауапкершілік, жүйелеу және т.б.



8-сурет. Оқушыларға арналған робототехника

STEM-тәсіл информатика сабақтарында белсенді қолданылады. Сонымен, информатикада STEM элементтерімен өзара әрекеттесуге мүмкіндік беретін көптеген тақырыптар мен бөлімдер бар инженерлік – кез келген пәндік саланың білім құрылымын визуализациялаудың қуатты құралы [13-15].

Қазіргі уақытта көптеген онтологиялық редакторлар бар. Әр редактордың артықшылықтары мен кемшіліктері бар. 9-суретте онтологияның жалпы редакторлары және олардың сипаттамасы көрсетілген.



9-сурет. Онтология редакторлары

Онтологияларды құру және шешімдер қабылдау үшін кешендер, платформалар,

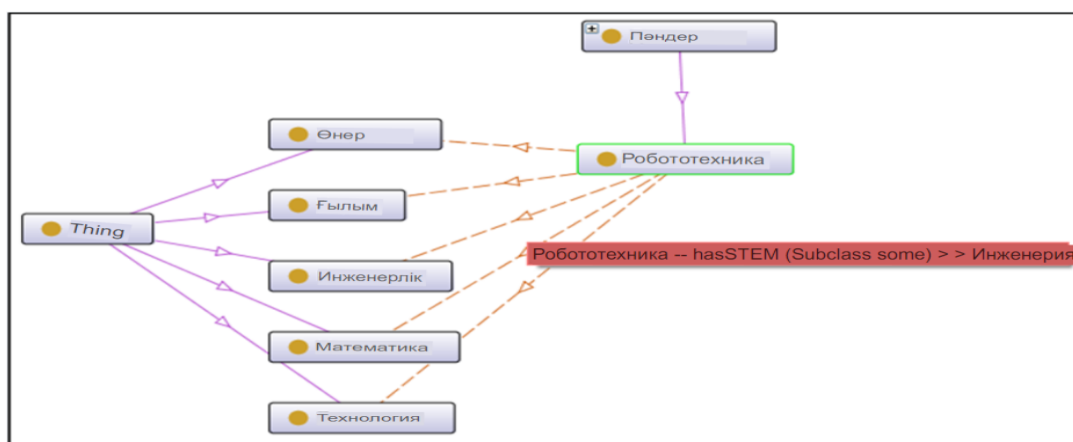
жүйелер бар [15-17]. Дипломдық жұмыста біз Protégé 4-ті қолданамыз, өйткені ол ең танымал және көпшілікке таратылады.

Нәтижелер және талқылау. Онтологиялық құрылыс пәндік аймақтың онтологиялық моделін құрудан басталады. Ол үшін негізгі сыныптар мен олардың арасындағы қатынасты анықтау қажет. Себебі біз информатика пәні үшін STEM элементтерінің өзара әрекеттесуін көрсетуге мүмкіндік беретін мектеп онтологиясын жасаймыз [18].

Мысал ретінде «Робототехника» бөлімі мен «Машиналық оқыту» бөлімінің онтологиясының құрылысын қарастырайық. Себебі олар STEM элементтерінің өзара әрекеттесуін айқын көрсетеді.

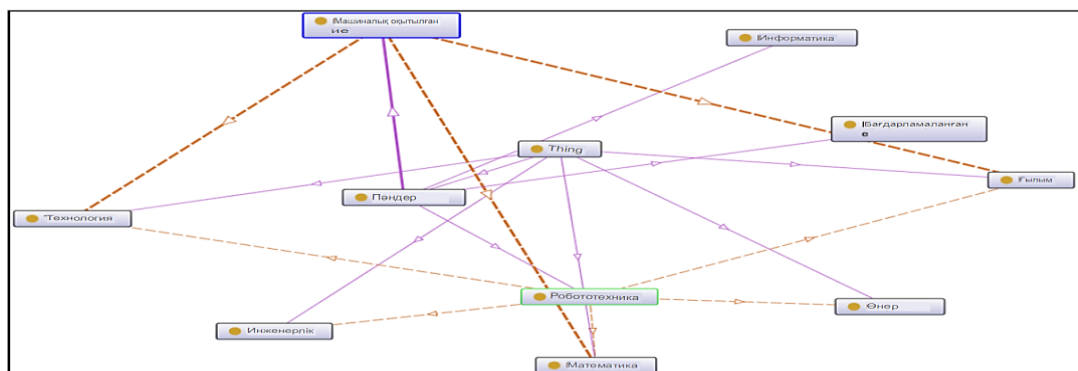
Робототехника STEM-біліммен тікелей байланысты. Робототехника дизайн, техникалық шығармашылық және бағдарламалауды біріктіреді. Оқушылар робототехниканы оқытуды техника мен бағдарламалауды түсінуден бастайды. «Робототехника» пәні мысалында мектеп пәндерін игеруге онтологиялық тәсіл мен STEM-тәсілді қолданамыз.

«STEM онтологиялық моделі» фрагменті 10-суретте көрсетілген.



10-сурет. «STEM онтологиялық моделі» фрагменті

OntoSchollSTEM «STEM пәндері» университетінің онтологиялық білім базасын өңдеудің ішкі жүйесі.owl/, 11-суретте көрсетілген.

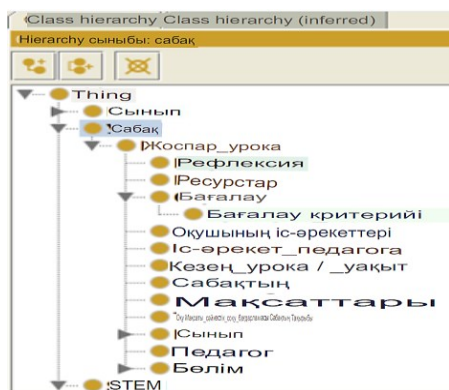


11-сурет. Сынып иерархиясының үзіндісі

Орта білім беру ұйымының мұғаліміне арналған сабақ жоспары немесе қысқа мерзімді жоспар осындай негізгі элементтерден тұрады:

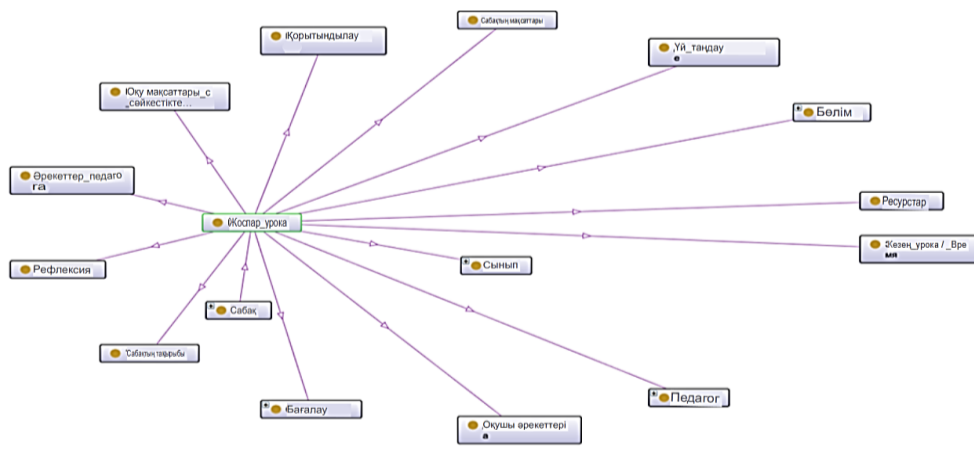
- бөлім;
- педагогтың Т.А.Ә.;
- күні;
- сынып;
- сабақтың тақырыбы;
- оқу бағдарламасына сәйкес оқу мақсаттары;
- сабақтың мақсаты;
- сабақ кезеңі/уақыты;
- педагогтың іс-әрекеті;
- оқушының іс-әрекеті;
- бағалау;
- ресурстар.

«Сабақ жоспары» үшін құрылған иерархия (12-сурет).

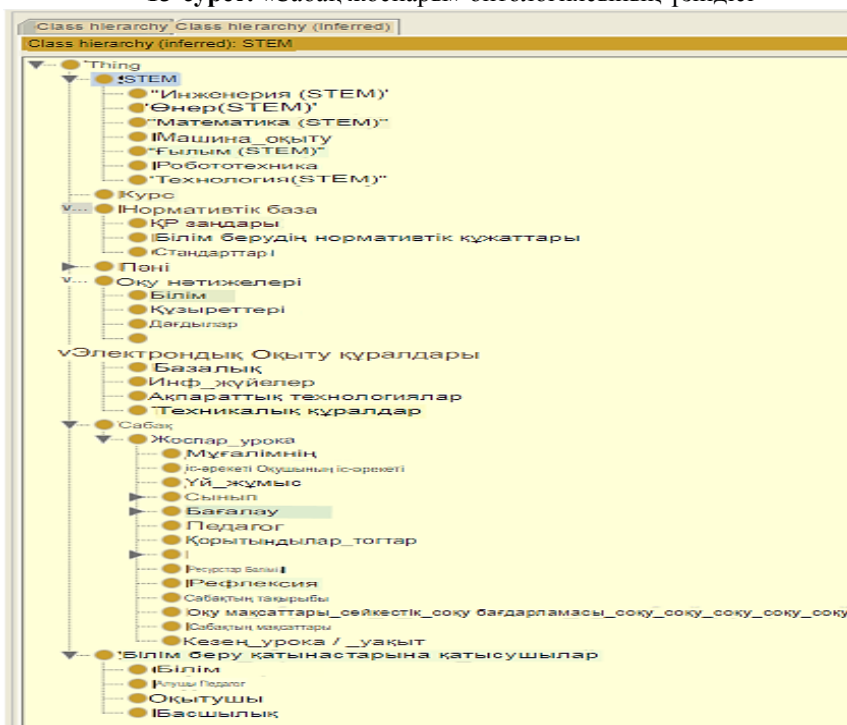


12-сурет. «Сабақ жоспары»

«Сынып», «мұғалім» сыныптары құрылды, біз «сабақ жоспары» қосалқы класына қосыламыз (12-сурет).

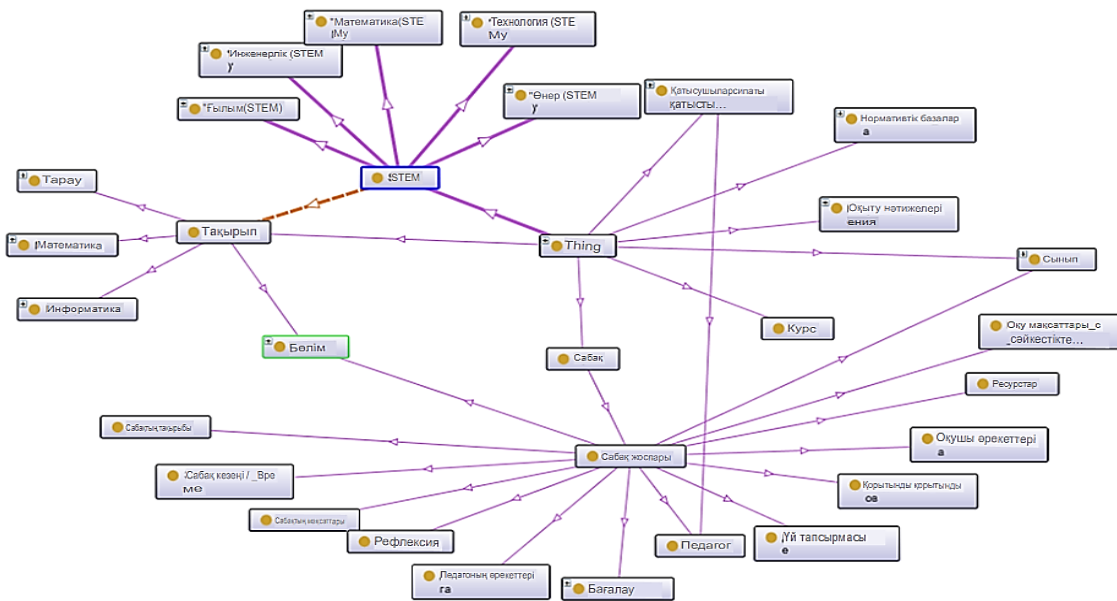


13-сурет. «Сабақ жоспары» онтологиясының үзіндісі



14-сурет. «Мектептегі STEM-білім» онтология иерархиясы

Мектептегі білім беру процесінің құрылымын, STEM элементтерін, сабақ жоспарын қамтитын «мектептегі STEM-білім» онтологиясы құрылды (14-сурет).



15-сурет. «STEM-мектептегі білім» Онтологиясы

«Мектептегі STEM-білім» онтологиясы – белгілі бір ережелер мен өзара қатынастарға байланысты мектептің білімі мен мәліметтерін сақтауға арналған білім базасы.

Қорытынды. «Мектептегі STEM-білім» онтологиялық моделі әзірленді. Protégé 4 редакторында «мектептегі STEM-білім» онтологиясы салынды, онда мектептің оқу процесінің қажетті сыныптары, қатынастары, қасиеттері мен жеке тұлғалары бар. Осы онтологияға сұраныстар орындалды. Класс иерархиясы және салынған онтологияның үзінділері ұсынылған.

Оқушылардың білім сапасын жақсартуға STEM-тәсіл және онтологиялық инжиниринг әдістерін қолдана отырып, пәндік сала туралы білімді семантикалық сипаттау арқылы қол жеткізуге болады.

Онтологияны мектептің нақты деректерімен толтыру мектептің толық білім базасын құруға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл STEM тәсілін қолдану және білім беру контентін қолдану арқылы сабақ жоспарларын әзірлеу тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта жаратылыстану ғылымдарымен байланысты технологиялармен байланысты мамандықтар пайда болуда. Оқушылардың оқу сапасын жақсартуға STEM тәсілін қолдану арқылы қол жеткізуге болады. STEM-білім беруді мектеп бағдарламасынан енгізу оқушыларға одан әрі жоғары білім алуға және болашақ мамандық алуға оңай бейімделуге мүмкіндік береді. Білім алушының STEM сауаттылығын арттыру еңбек нарығында сұранысқа ие және бәсекеге қабілетті болуды қамтамасыз етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Kendal, S.L., and M. Creen. «Knowledge acquisition». An Introduction To Knowledge Engineering. (2007): 89-107.
2. Sanders, Mark E. "Integrative STEM education as "best practice". "Griffith Institute for Educational Research, Queensland, Australia, 2012.
3. Уринцов, А., and С. Селетков, and Н. Днепровская, and И. Павлековская, and Ю. Нефедов, and С. Акимов, and В. Дик. Управление знаниями. Теория и практика. Учебник для бакалавриата и магистратуры. Litres, 2022.
4. Мохов, В. А. «Системный анализ и онтологический инжиниринг». ББК 72 Р34. (2015): 82.
5. Яшина, Н.Г. «Онтологический инжиниринг: основные направления исследований (в зарубежных странах).» Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств, 2-1. (2015): 79-82.
6. Массель, Л.В., and Т.Н. Ворожцова, and Н.И. Пяткова. «Онтологический инжиниринг для поддержки принятия стратегических решений в энергетике.» Онтология проектирования, 7.1 (23). (2017): 66-76.
7. Shvaiko, Pavel, and Jérôme Euzenat. "Ontology matching: state of the art and future challenges." IEEE Transactions on knowledge and data engineering, 25.1. (2011): 158-176.
8. Suárez-Figueroa, Mari Carmen, et al. "Introduction: Ontology engineering in a networked world." Ontology engineering in a networked world. Springer (2012): 1-6.
9. Ручкин, Владимир, and Владимир Фулин. «Использование онтологического метода структуризации учебного контента.» Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 6. (2014): 168-174.
10. Бова, В.В., and Д.В. Лещанов, and Ю.Ю. Запорожец, and Л.В. Курейчик, «Онтологическое моделирование разнородных предметных знаний в интеллектуальных обучающих системах». Информатика, вычислительная техника и инженерное образование, 4. (2015): 60-70. (2015).
11. Азизов Р. Образование нового поколения: 10 преимуществ STEM образования Электронный ресурс: URL: <https://ru.linkedin.com/pulse/-stem-rufat-azizov>
12. 3.10.8. Обучение на интегративной основе в средней школе | Педагогические технологии - Кукушин В.С. | Педагогика <http://univer5.ru>

13. Гаврилова, Т.А. Инженерия знаний. Модели и методы. Учебник / Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев, Д.И. Муромцев. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 324 с.
14. Гаврилова, Т.А. Онтологический инжиниринг. Электронный ресурс. Технологии менеджмента знаний. Режим доступа: http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/ontolog_engineering.shtml
15. И.А. Кодолова, Ю.В. Степанова, Н.З. Тартаковская; Федеральное агентство по образованию, Казанский гос. финансово-экономический ин-т Основы создания информационных систем в экономике: [Учебное пособие] Казань 2007 <http://dlib.rsl.ru>
16. Попов Э.В., 2001. Корпоративные системы управления знаниями. – Ж.: «Новости ИИ». – N 1.
17. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: URL: https://intuit.ru/studies/professional_skill_improvements/1627/courses/270/lecture/6857?page=2
18. Ной Н., Синтек М., Декер С., Крабези М., Фергюсон Р., Мусен М. Создание веб-содержимого Semantic с Protege – 2000 // IEEE Интеллектуальные системы. – 2001. – С. 60-71.

References

1. Kendal, S. L., and M. Creen. "Knowledge acquisition." An Introduction To Knowledge Engineering. (2007): 89-107.
2. Sanders, Mark E. «Integrative STEM education as «best practice». Griffith Institute for Educational Research, Queensland, Australia, 2012.
3. Urincov, A., and S. Seletkov, and N. Dneprovskaya, and I. Pavlekovskaya, and YU. Nefedov, and S. Akimov, and V. Dik. Upravlenie znaniyami. Teoriya i praktika. Uchebnik dlya bakalavriata i magistratury. Litres, 2022.
4. Mohov, V.A. «Sistemnyj analiz i ontologicheskij inzhiniring». BBK 72 R34. (2015): 82.
5. YAshina, N.G. «Ontologicheskij inzhiniring: osnovnye napravleniya issledovaniy (v zarubezhnyh stranah)». Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta kul'tury i iskusstv, 2-1. (2015): 79-82.
6. Masse', L.V., and T.N. Vorozhцова, and N.I. Pyatkova. «Ontologicheskij inzhiniring dlya podderzhki prinyatiya strategicheskikh reshenij v energetike». Ontologiya proektirovaniya, 7.1 (23). (2017): 66-76.
7. Shvaiko, Pavel, and Jérôme Euzenat. «Ontology matching: state of the art and future challenges». IEEE Transactions on knowledge and data engineering, 25.1. (2011): 158-176.
8. Suárez-Figueroa, Mari Carmen, et al. «Introduction: Ontology engineering in a networked world». Ontology engineering in a networked world. Springer (2012): 1-6.
9. Ruchkin, Vladimir, and Vladimir Fulin. «Ispol'zovanie ontologicheskogo metoda strukturizacii uchebnogo kontenta». Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki, 6. (2014): 168-174.
10. Bova, V.V., and D. V. Leshchanov, and YU. YU. Zaporozhec, and L. V. Kurejchik, "Ontologicheskoe modelirovanie raznorodnyh predmetnyh znaniy v intellektual'nyh obuchayushchih sistemah." Informatika, vychislitel'naya tekhnika i inzhenernoe obrazovanie, 4. (2015): 60-70. (2015).
11. Azizov R. Obrazovanie novogo pokoleniya: 10 preimushchestv STEM obrazovaniya Elektronnyj resurs:URL: <https://ru.linkedin.com/pulse/-stem-rufat-azizov>
12. 3.10.8. Obuchenie na integrativnoj osnove v srednej shkole | Pedagogicheskie tekhnologii - Kukushin V.S. | Pedagogika <http://univer5.ru>
13. GavriloVA, T.A. Inzheneriya znaniy. Modeli i metody. Uchebnik / T.A. GavriloVA, D.V. Kudryavcev, D.I. Muromcev // – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2016. – 324 s.
14. GavriloVA, T.A. Ontologicheskij inzhiniring. Elektronnyj resurs. Tekhnologii menedzhmenta znaniy. Rezhim dostupa: http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/ontolog_engineering.shtml
15. I.A. Kodolova, YU.V. Stepanova, N.Z. Tartakovskaya; Federal'noe agentstvo po obrazovaniyu, Kazanskiy gos. finansovo-ekonomicheskij in-t Osnovy sozdaniya informacionnyh sistem v ekonomike : [uchebnoe posobie] Kazan' 2007 <http://dlib.rsl.ru>
16. Popov E.V., 2001. Korporativnye sistemy upravleniya znaniyami. Zh."Novosti II",N1.
17. Ontologii i tezaurusy: modeli, instrumenty, prilozheniya: URL: https://intuit.ru/studies/professional_skill_improvements/1627/courses/270/lecture/6857?page=2
18. Noj N., Sintek M., Deker S., Krabezi M., Fergyuson R., Musen M. Sozdanie veb-soderzhimogo Semantic s Protege – 2000. // IEEE Intellektual'nye sistemy. – 2001. – S. 60-71.

