

РОБОТОТЕХНИКАНЫ БИОМИМЕТИКА НЕГІЗІНДЕ БИОЛОГИЯМЕН КІРІКТІРУ ТӘЖІРИБЕСІ

Шалабаева К.Ж.* , Мукашева Д.М. , Аннабигин А.У. 

I. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Қазақстан Республикасы, Талдықорған қ.
*e-mail: kuanysh_shalabayeva@mail.ru, danagul.mukasheva.84@mail.ru, annabigin@list.ru

Аңдатпа. Бұл мақалада биология мен робототехниканы кіріктіре оқытудың жаңа тәсілі ретінде биомиметика қағидаттарына негізделген педагогикалық тәжірибе талданған. Зерттеу барысында студенттер табиғаттағы тірі ағзалардың қозғалыс, бейімделу және морфологиялық ерекшеліктерін зерттеп, сол мәліметтерді техникалық модельдерге бейімдеу арқылы «өрмекші-робот» жобасын жасады. Жоба Arduino платформасы мен 12 сервомотор негізінде құрастырылып, Fusion360 бағдарламасында үлгіленіп, Prusa mk2 3D-принтерінде басылып шығарылды. Мұндай интеграциялық тәсіл STEM-білім берудің теориялық және қолданбалы қырларын біріктіріп, оқушылардың жаратылыстану ғылымдарына деген қызығушылығын арттырды.

Зерттеу барысында биология, информатика және робототехника пәндері кіріктіріліп, студенттердің инженерлік ойлау, модельдеу және бағдарламалау дағдылары эксперименттік түрде бағаланды. Зерттеу әдістері ретінде бақылау, жобалық жұмыс, 3D-модельдеу, прототиптеу және бағдарламалау қолданылды. Зерттеу нәтижелері пәнаралық кіріктірудің студенттердің инженерлік ойлауын, алгоритмдік әрекетін және шығармашылық белсенділігін арттыруға ықпал ететінін көрсетті. Қатысушылардың басым бөлігінде оқу мотивациясының жоғарылауы, биологиялық білімді практикалық міндеттерде қолдану қабілетінің жақсаруы байқалды.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, робототехниканы биомиметика негізінде қолдану студенттердің инженерлік және шығармашылық ойлауын, алгоритмдік дағдыларын, зерттеу және талдау қабілеттерін дамытады. Сонымен қатар, пәнаралық жобалау үдерісі биология, информатика және физика пәндерінің өзара байланысын күшейтіп, білім алушылардың функционалдық сауаттылығын арттырады.

Биомиметикаға негізделген роботтық жобаларды білім беру жүйесіне енгізу – оқушылардың ғылыми ойлауын, экологиялық сана мен зерттеу мәдениетін қалыптастырудың тиімді жолы. Мұндай тәсіл оқыту мазмұнын өмірмен байланыстырып, практикалық әрекет арқылы оқуға ынтаны күшейтеді.

Кілт сөздер: STEM, hard skills, soft skills, робототехника, Arduino платформасы, биомиметика, өрмекші-робот, 3D модельдеу.

Кіріспе

Қазіргі білім беру жүйесінде жаратылыстану пәндерін оқытуда теориялық мазмұн мен практикалық әрекет арасындағы алшақтық әлі де сақталып отыр. Көп жағдайда білім алушылар ғылыми ұғымдарды формальды түрде меңгергенімен, олардың нақты өмірлік жағдаяттарда қалай іске асатынын толық пайымдай алмайды. Мұндай жағдай STEM-білім беру тұжырымдамасын енгізуге байланысты зерттеулерде де атап өтіледі, мұнда білімнің қолданбалылық сипаты негізгі талап ретінде қарастырылады [1].

STEM-білім берудің негізгі идеясы – ғылым, технология, инженерия және математика салаларының өзара байланысын күшейту арқылы білім алушылардың сыни ойлауын және проблемаларды шешу қабілетін дамыту. Алайда отандық білім беру тәжірибесінде STEM көбіне технология немесе робототехника сабағымен шектеліп, жаратылыстану пәндерімен терең кіріктіру жеткілікті деңгейде жүйеленбеген. Бұл мәселені Тұрғынбаева интеграцияланған оқыту әдістерін талдау барысында атап көрсетеді, ол оқыту үдерісінде рефлексия мен пәнаралық байланыстың әлсіздігі оқушының танымдық белсенділігін төмендететінін көрсеткен [2].

Әсіресе биология пәнінде теориялық мазмұнды визуализациялау мен модельдеу мәселесі өзекті болып қала береді. Тірі ағзалардың құрылысы мен қозғалыс механизмдері көбіне сипаттамалық деңгейде қарастырылады, ал олардың инженерлік модельдер арқылы түсіндірілуі сирек кездеседі. Осы тұрғыдан алғанда, робототехниканы оқу үдерісіне енгізу

биологиялық заңдылықтарды әрекет арқылы меңгертуге мүмкіндік береді. Сәрсенбаева мен Молдабекованың зерттеулерінде робототехникалық жобаларға қатысқан білім алушылардың пәнге қызығушылығы мен сенімділігі айтарлықтай артатыны көрсетілген [3].

Қазақстандық білім беру кеңістігінде биомиметикаға негізделген кіріктіру тәжірибелері әлі де фрагментарлы сипатта. Айдарбекова мен Тәжібаева биология және информатика пәндерін кіріктіру арқылы STEM-білім берудің мазмұнын тереңдету қажеттігін көрсеткенімен, нақты робототехникалық модельдерге негізделген тәжірибелік зерттеулер саны шектеулі [4]. Осыған байланысты биомиметика қағидаттарын оқу жобалары арқылы іске асыру жолдарын талдау өзекті ғылыми-педагогикалық мәселе ретінде қарастырылады.

Биология мен робототехниканы кіріктірудің ғылыми негізі биомиметика саласымен тығыз байланысты. Биомиметика табиғаттағы тірі жүйелердің құрылымдық және функционалдық ерекшеліктерін техникалық шешімдерге көшіруге бағытталған бағыт ретінде сипатталады. Бұл ұстаным инженерлік жобалауда тиімді нәтижелер беретінін көптеген шетелдік зерттеулер дәлелдейді [5, 6].

Зерттеудің ғылыми жаңалығы биомиметика қағидаттарына негізделген робототехникалық жобаларды биология пәнінің мазмұнымен кіріктірудің жүйеленген педагогикалық үлгісін ұсынуымен айқындалады. Алғаш рет «өрмекші-робот» жобасы негізінде биологиялық білімді инженерлік модельдеуге көшірудің оқу-әдістемелік тетіктері нақтыланды. Сонымен қатар, пәнаралық кіріктіру жағдайында студенттердің инженерлік және зерттеушілік дағдыларының даму бағыттары айқындалды.

Осы зерттеу робототехниканы биомиметика қағидаттарына сүйене отырып биология пәнімен кіріктірудің педагогикалық мүмкіндіктерін айқындауға бағытталған. Мақаланың негізгі мақсаты – инженерлік модельдеу арқылы биологиялық мазмұнды меңгертудің тиімділігін тәжірибелік деректер негізінде негіздеу және STEM-білім беру аясында қолдануға болатын кіріктірілген оқыту үлгісін ұсыну.

Материалдар мен әдістер

STEM-білім беру мынандай бағыттарда көрініс табады: пәндік мазмұнды интеграцияланған түрде меңгеру, яғни оқытудың мазмұнын нақты пән шеңберінде емес, өзара байланыстағы білім салалары негізінде ұйымдастыру; ғылыми-техникалық білім мен дағдыларды күнделікті өмірде қолдану мүмкіндігін арттыру; оқушыларда сыни тұрғыдан ойлау мен күрделі жағдайларда шешім қабылдау дағдыларын дамыту; олардың өзіне деген сенімін күшейтіп, дербестік пен жауапкершілікті қалыптастыру; қарым-қатынас жасау қабілетін жетілдіріп, топпен бірлесе әрекет ету барысында нәтижелі жұмыс жүргізуге машықтандыру; техникалық бағыттағы пәндерге деген танымдық қызығушылықты ынталандыру; жобалық жұмыстар барысында шығармашылық пен инновациялық ойлау қабілетін қалыптастыру; оқушылардың жасына және жеке ерекшеліктеріне сай техникалық шығармашылыққа деген ішкі ынтасын арттыру; кәсіби бағдарды ерте кезеңнен ұйымдастыру арқылы олардың болашақ мамандығын саналы әрі мақсатты таңдауға жол ашу; технологиялық үдерістер мен жаңалықтарға бейімделуге дайындау; негізгі жалпы білім беру бағдарламасының міндетті мазмұнын толықтыратын STEAM-элементтерін енгізу арқылы білім беру кеңістігін кеңейту.

Қазіргі кезеңде STEM бағытындағы мамандарды даярлау негізінен Франция, Ұлыбритания, Аустралия, Израиль, Қытай, Канада, Түркия секілді және басқа да бірқатар мемлекеттердің жоғары оқу орындарында қолға алынған. Бұл технологияларды білім беру жүйесіне енгізу тек теориялық біліммен шектелмей, оны тәжірибелік тұрғыдан жүзеге асыруға басымдық береді. Финляндия STEM-мамандарын даярлау ісінде Еуропа елдерінің ішінде алдыңғы қатарда. Аталған елдерде мектептер мен жоғары оқу орындары, өнеркәсіп орындары және бизнес құрылымдары өзара байланыста жұмыс істеп, оқушыларға арналған түрлі бағдарламалар мен шаралар өткізіледі, сонымен қатар мұғалімдерді кәсіби даярлау ісі жүйелі түрде жолға қойылған. Ал Айдарбекова мен Тәжібаева биология және информатика пәндерін кіріктіру арқылы STEM білім берудің мазмұнын тереңдетудің жолдарын ұсынады [4].

Орта мектеп деңгейінде STEM-білімді енгізу барысында оқушылар осы бағыттың ерекшеліктерімен, оған сәйкес кәсіби қызмет түрлерімен танысады және әр салада талап етілетін негізгі дағдылар мен кәсіби құзыреттерді игере бастайды. Бұл кезең олар үшін болашақ мамандығын саналы таңдап, жеке қызығушылықтары мен басымдықтарын нақты айқындауға мүмкіндік береді.

STEM тәсілдерін жаратылыстану-математикалық пәндерде – биология, география, химия, физика мен математика сабақтарында кеңінен қолдану тиімді. Сонымен қатар технология және музыка сабақтарына STEM элементтерін енгізу арқылы оқушылардың шығармашылық әлеуетін дамытып, техникалық қабілеттерін жетілдіруге қолайлы орта қалыптастыру қажет.

Жоғары сыныптардағы STEM-білім беру бағдарламалары оқушылардың алған білімдері мен дағдыларын тәжірибелік тұрғыда қолдануына және STEM-нің төрт бағыты бойынша тереңірек білім алуына жағдай жасайды. Бұл деңгейде негізгі назар жаратылыстану пәндерінің ұғымдары мен заңдылықтарын мемлекеттік стандарттарға сай меңгеруге және түсінуге аударылады. Оқу барысындағы тәжірибелер біртіндеп күрделене түсіп, оларды орындауға көбірек уақыт талап етіледі. Ал жасалатын жобалар қазіргі қоғам алдында тұрған өзекті мәселелерді шешуге бағытталады. Мәселен, баламалы энергия көздерін дамыту, экологиялық ластануды төмендету, жаһандық жылыну проблемасы немесе табиғи ресурстарды тиімді пайдалану жолдары.

Бұл кезеңде оқушылардың қызығушылығы көбінесе STEM-білімнің мектептен тыс кеңістікте беретін мүмкіндіктеріне ауысады. Сондықтан сабақтан тыс уақытта ұйымдастырылатын түрлі оқу формаларын қарастыру орынды әрі қажетті болып саналады.

STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) – ғылым, технология, инженерия және математика бағыттарындағы құзыреттерді дамытуды көздейтін кіріктірілген оқыту тәсілі. STEM ұғымы ғылым, технология, инженерия және математика салаларын біріктіретін кіріктірілген оқыту тәсілін білдіреді [5]. Оның басты идеясы – осы пәндерді өзара байланыста меңгерту арқылы оқушылардың шығармашылық ойлауын дамытып, проблемаларды шешу қабілетін қалыптастыру және инновациялық әлеуетін ашу.

STEM педагогикасы тек пәндік білімдерді кіріктірумен шектелмей, сонымен қатар тұлғаның танымдық және эмоционалдық дамуына тікелей әсер етеді. Оқушылардың мотивациясы, оқу үдерісіне қатысу деңгейі және когнитивтік стиль ерекшеліктері жобалық іс-әрекеттің табыстылығын айқындайтын маңызды психологиялық факторлар болып саналады.

STEAM-білім беру оқушылардың бірқатар маңызды қабілеттері мен дағдыларын қалыптастыруға ықпал етеді. Бар-Коэннің еңбектерінде биологиялық процестерден шабыт алған инженерлік шешімдер талданады [6]. Олардың қатарында мәселелерді кешенді талдау, шығармашылық ойлау, инженерлік тұрғыдан пайымдау және іс-әрекет ету, сыни тұрғыдан ойлау, ғылыми әдісті меңгеріп, оны тәжірибеде қолдану, сондай-ақ жобалау негіздерін игеру бар. Мұндай нәтижелерге қол жеткізу үшін STEAM-білім беруді ғылыми-тәжірибелік сипаттағы оқыту арқылы жүзеге асыру қажет.

Зерттеудің мақсаты – робототехниканы биомиметика қағидаттарына негіздей отырып, биология пәнімен кіріктірудің педагогикалық мүмкіндіктерін айқындау және оны орта білім беру үдерісіне тиімді енгізу тәжірибесін негіздеу.

Осы мақсатқа қол жеткізу үшін келесі міндеттер айқындалды: 1. Биомиметикаға негізделген оқу мақсаттарына сәйкес биологиялық нысанның моделін робот түрінде жобалап, оны оқу үдерісінде қолданудың тиімділігін зерделеу. 2. Биомиметика қағидаттарына негізделген «өрмекші-робот» жобасын жүзеге асыру арқылы оқушылардың пәнаралық байланыс негізінде алған білімдерін тәжірибеде қолдану, биология және информатика пәндерінің кіріктіру мүмкіндіктерін анықтау, шығармашылық және инженерлік ойлауды дамыту.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы: автор ұсынған сыныптан тыс іс-әрекет бағдарламасының үлгілері жаратылыстану пәндері мұғалімдеріне сабаққа дайындалу

барысында, сондай-ақ қосымша білім беру педагогтеріне оқу орталықтарында практикалық жұмыстарды жоспарлау кезінде пайдалы бола алады.

Зерттеу жұмысы педагогикалық тәжірибе және жобалық оқыту аясында жүргізілді. Экспериментке І. Жансүгіров атындағы Жетісу университетінің педагогикалық бағыттағы білім алушылары қатысты. Жалпы саны – 25 студент. Олардың барлығы робототехника элементтерімен алғаш рет жүйелі түрде жұмыс жасаған, бұл фактор зерттеу барысында бастапқы деңгейдің салыстырмалы түрде біркелкі болуына мүмкіндік берді.

Зерттеу бірнеше кезеңнен тұрды. Бірінші, дайындық кезеңінде студенттердің биология пәні бойынша тірі ағзалардың қозғалыс механизмдері, тірек-қимыл жүйесі және морфологиялық ерекшеліктері жөніндегі бастапқы білімдері талданды. Бұл кезеңде бақылау және әңгімелесу әдістері қолданылды. Сонымен қатар, робототехника және Arduino платформасымен жұмыс істеуге байланысты базалық түсініктер қайталанып, қауіпсіздік ережелері қарастырылды.

Екінші кезең жобалық әрекетке бағытталды. Студенттер шағын топтарға бөлініп, биомиметика қағидаттарына негізделген роботтық модельді жобалау тапсырмасын орындады. Негізгі жоба ретінде тірі ағзалардың қозғалысын имитациялайтын «өрмекші-робот» таңдалды. Бұл таңдаудың себебі өрмекшілердің аяқтарының көпбуынды құрылымы мен қозғалыс траекториясының инженерлік модельдеуге қолайлы болуымен байланысты.

Жобалау барысында Fusion360 бағдарламасында роботтың негізгі бөлшектері модельденді, ал прототиптер Prusa mk2 3D-принтері арқылы басып шығарылды. Қозғалысты басқару үшін Arduino платформасы мен сервожетектер қолданылды. Бағдарламалау үдерісінде шартты операторлар, циклдер және уақытша кідірістерді пайдалану арқылы аяқтардың кезектесіп қозғалу алгоритмдері құрылды. Бұл кезеңде модельдеу, прототиптеу және бағдарламалау әдістері кешенді түрде қолданылды.

Үшінші кезеңде дайын роботтық модельдер тестілеуден өткізілді. Студенттер робот қозғалысының тұрақтылығын, биологиялық прототипке сәйкестік деңгейін және бағдарламалық алгоритмнің дұрыстығын бағалады. Бағалау барысында бақылау, салыстырмалы талдау және рефлексия элементтері пайдаланылды. Сонымен қатар, студенттердің пәнаралық байланысты түсіну деңгейі мен жобалық әрекетке қатысу белсенділігі сауалнама және сапалық бақылау нәтижелері арқылы анықталды.

Зерттеу нәтижелерін талдау кезінде сапалық сипаттамаларға басымдық берілді. Студенттердің инженерлік ойлау дағдылары, биологиялық білімді техникалық модельдеуде қолдану қабілеті және командалық жұмыс барысындағы белсенділігі негізгі көрсеткіштер ретінде қарастырылды. Алынған деректер педагогикалық талдау әдісі арқылы жүйеленіп, зерттеу мақсаты мен міндеттеріне сәйкестігі тұрғысынан сарапталды.

Қазіргі заманда терең білімді, кең дүниетанымды, латералды ойлау қабілеті дамыған, сондай-ақ икемді дағдылардың жиынтығына ие болашақ мамандарды даярлау үшін мектеп оқушылары мен студенттерді оқытуға деген көзқарасты түбегейлі өзгерту қажет. Робототехника – жобалық жұмыс шеңберінде мектептегі түрлі пәндер мазмұнын тәжірибе арқылы тексеріп, оны қолдануға мүмкіндік беретін әмбебап білім саласы. Ол ғылыми-техникалық дамудың басты бағыттарының бірі саналады және онда механика, заманауи технологиялар мен жасанды интеллект салалары өзара ұштасады. Түрлі пәндік салалардан (физика, математика, информатика, биология және т.б.) кешенді білім мен дағдыларды талап ететін көпқырлы сала. Осыған байланысты робототехниканы тек сабақ барысында иллюстративтік материал ретінде немесе практикалық жұмыстарға қосымша мүмкіндік ретінде ғана емес, сонымен қатар сыныптан тыс іс-шараларда, қосымша білім беру жүйесінде де тиімді пайдалануға болады. Робототехника сабақтары оқушыларды шығармашылық іс-әрекетке тартуға, олардың оқу үдерісіне деген ынтасын арттыруға, топтық жұмыс тәжірибесін қолдануға және пәнаралық байланысты нығайтуға мүмкіндік береді. Бұл пәннің айрықша ерекшелігі – оның тәжірибеге бағытталған және кәсіби бағдар беруші сипаты. Дұрыс құрастырылған робототехника бағдарламасы бірнеше маңызды

мүмкіндіктер ашады: мұғалімге әр оқушыға жеке тәсіл қолдануға жағдай жасайды; оқушылардың түрлі құзыреттерін қатар дамытып, оларды тәжірибелік тұрғыда іске асыруға мүмкіндік береді; көшбасшылық қабілетті жетілдіріп, командада жұмыс істеу машығын қалыптастырады; әртүрлі технологиялық және ақпараттық платформалармен жұмыс істеуді үйретеді; ең бастысы – оқуға деген қызығушылық пен мотивацияны күшейтеді.

Нәтижелер мен талқылаулар

Робототехниканы оқыту мынадай негізгі қағидаттарға сүйенеді:

- **Қолжетімділік** – оқушылар күрделі ұғымдар мен процестерді қарапайым әрі түсінікті үлгілер арқылы меңгереді, бұл үдеріс көбіне ойын түріндегі әрекетпен жүзеге асады;

- **Қолданбалылық** – меңгерілген білім мен дағдылар болашақ кәсіби қызметте қолдануға бағытталады;

- **Қызығушылық** – оқу барысында танымдық тұрғыдан тартымды әрі әсерлі ақпарат ұсынылады;

- **Жүйелілік** – әр сабақта бұрынғы білімдер бекітіліп, жаңа мәліметтер бірізді түрде игеріледі;

- **Нәтижелілік** – әр сабақтың басты мақсаты – нақты практикалық өнімге қол жеткізу;

- **Іс-әрекет арқылы оқыту** – білімді меңгеру оның қолданылу жолдарын тәжірибе арқылы түсіну арқылы жүзеге асады.

Сонымен қатар робототехника сабақтарының әдістемелік негіздері де айқындалған:

- Оқыту шағын топтарда жүргізіледі, бұл әр оқушыға жеке көңіл бөлуге мүмкіндік береді;

- Оқушылар шағын командаларда жобалармен айналысады, мұндай жұмыс олардың ХХІ ғасыр құзыреттерін – эмпатия, бірлескен әрекет, мақсат қою және оны жүзеге асыру, жоспарлау дағдыларын дамытуға ықпал етеді.

Робототехника сабақтарының басты ерекшелігі – оқушының жеке әлеуетін ашуға жағдай жасайтын заманауи білім беру ортасын қалыптастыру. Мұндай ортада білім алушы қоршаған әлемді еркін зерттеп, оны шығармашылық тұрғыдан танып-білуге мүмкіндік алады. Осы жағдайда мұғалімнің рөлі өзгереді: ол жаңа білім беру кеңістігін ұйымдастырушы әрі қалыптастырушы ретінде әрекет етеді, оқушыны танымдық белсенділікке тартып, білім алуға ынталандырады. Робототехниканы оқытудағы негізгі қағидат – «ойын арқылы үйрету».

Сабақтар келесі әдістер негізінде жүргізіледі:

- **Түсіндірмелі-иллюстративтік әдіс** – материалды әртүрлі формада ұсыну (түсіндіру, әңгімелеу, сұхбат, нұсқаулық, демонстрация, технологиялық карталар арқылы жұмыс);

- **Эвристикалық әдіс** – шығармашылық әрекеттер арқылы жүзеге асады (модельдер мен механизмдер құрастыру);

- **Мәселелік әдіс** – мәселені қоядан бастап оны оқушының өз бетінше шешуіне дейінгі кезеңдерді қамтиды;

- **Репродуктивтік әдіс** – білім мен іс-әрекет тәсілдерін қайта жаңғырту (үлгіге сүйене отырып макет құрастыру, тапсырманы аналогия бойынша орындау);

- **Жартылай ізденістік әдіс** – проблемалық тапсырмалар мұғалімнің көмегімен шешіледі;

- **Ізденістік әдіс** – мәселені оқушы өздігінен шешеді;

- **Проблемалық баяндау әдісі** – мұғалім мәселені ұсынып, шешу жолын өзі көрсетеді, ал оқушылар шешім процесін бақылай отырып, оған белсенді араласады.

Робототехника сабақтарының педагогикалық нәтижелері де айқын:

- Конструкторлық әрекетке сүйенген пәндерге деген қызығушылық пен танымдық уәждеме артады;

- Пәнаралық байланыстар біртұтас жүйе түрінде көрінеді;

- Оқушылардың танымдық белсенділігі техникалық шығармашылық барысында күшейеді. Білімді өзіндік бағалау үшін объективті өлшемдер қалыптасады;

- Пәнге толыққанды терең енгуге, шығармашылық қызметтің баламалы түрлеріне, әртүрлі шешімдер нұсқаларын жүзеге асыруға, тұлғалық даралықты танытуға мүмкіндік жасалады;
- Оқу барысында үздіксіз оң эмоциялық фон қамтамасыз етіледі (стресс деңгейінің төмендеуі, өнімділік пен тиімділіктің артуы, эмоциямен бекітілген білім жақсы меңгеріледі);
- Денсаулықты сақтау қағидасы әртүрлі іс-әрекеттерді үйлесімді қолдану арқылы жүзеге асады: бақылау, конструирлеу, ойлау, бағдарламалау, сынақтан өткізу, талдау және т.б.

Қазіргі уақытта АҚШ, Жапония және Аустралия сияқты елдердің көптеген ғылыми-зерттеу институттары ауыл шаруашылығы саласындағы инновациялық бағыттарға белсенді түрде назар аударып отыр [7]. Бұл нәтижелер жобалық іс-әрекет пен пәнаралық байланыс арқылы оқу үдерісін түрлендірудің тиімділігін айқын дәлелдейді.

Көптеген компаниялар мен зерттеу ұйымдары ауыл шаруашылығына арналған роботтандырылған техниканың үлгілерімен тәжірибелер жүргізуде. Жақын болашақта мұндай роботтар егістік алқаптарында кеңінен қолданыс табады деп күтілуде. Технологиялардың жетілуіне қарай роботтарға анағұрлым дәл, жоғары дәлдік пен жауапкершілік талап ететін жұмыстар сеніп тапсырылуда. Роботтардың көмегімен өсірілген жемістер мен көкөністерді балғын күйінде нарыққа шығару мүмкіндігі пайда болуда. Болашағы зор зерттеу бағыттарының бірі – инфрақызыл диапазонда өсімдіктердің жағдайын талдау процесі болып табылады. Бұл әдіс өсімдіктердің физиологиялық жағдайын, жетілу деңгейін бағалауға және өнім жинау үшін оңтайлы уақытты дәл есептеуге мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы трактор модельдері спутниктік байланыс және қашықтан басқару жүйелерімен жабдықталған. Фермер тек қана қажетті маршрутты қарапайым флеш-тасымалдағыш арқылы тракторға жүктеп, бүкіл үдерісті қашықтан бақылай алады. GPS жүйесі арқылы трактордың қозғалыс деректері нақты уақыт режимінде бақыланып, қажет болған жағдайда түзетулер енгізілуі мүмкін.

Пестицидтерді бүрку кезінде дала жұмысшылары қауіпті химиялық заттардың әсеріне ұшырайды. Автоматтандырылған бүрку жүйелері бұл әсерді азайтып қана қоймай, пестицидтерді қолдануды шамамен 80%-ға дейін қысқартуға мүмкіндік береді, өйткені өңдеу нақты анықталған аймақтарда ғана жүзеге асады.

Борттық компьютермен жабдықталған роботтандырылған себу құрылғысы топырақтың физикалық және биологиялық сипаттамаларын бағалай отырып, тұқым мөлшерін және олардың арасындағы оңтайлы қашықтықты есептейді. Мұндай технологияларды енгізу әрбір алқаптан жоғары өнім алуға мүмкіндік береді. Фермада дрондарды пайдалану арқылы ауыл шаруашылығы дақылдарында ерте кезеңдердегі саңырауқұлақ ауруларын анықтау және дер кезінде емдеу мүмкіндігі туады. Камерамен және GPS жүйесімен жабдықталған дрон егістік алқаптарының жоғары сапалы бейнесін түсіріп, фермерге нақты панорамалық көрініс ұсынады. Бұл өз кезегінде қай жерде өсімдіктердің жағдайы жақсы, ал қай жерде қосымша агротехникалық шаралар қажет екенін айқындауға көмектеседі.

Болашақта роботтар келесі жұмыстарды орындау үшін кеңінен қолданылмақ:

- өнім жинау;
- арамшөптердің өсуін бақылау;
- навигация және қозғалыс;
- шөп шабу мен өсімдіктерді кесу;
- тұқым себу және бүрку;
- топырақты өңдеу;
- мал жайылымын автоматтандыру;
- ауыл шаруашылығы өнімдерін сұрыптау және қаптау.

Робототехника – бұл техника, информатика, физика, биология сияқты пәндермен тығыз байланысты пәнаралық сала. Робот жасау барысында оқушылар нақты бір мәселені шешу үшін табиғаттағы тірі ағзалардың құрылысы мен қызметін зерттеп, олардан шабыт алады. Бұл процестің негізінде биомиметика ғылымы жатыр. Бениус биомимикрияны табиғаттан шабыт алған инновациялар жүйесі ретінде сипаттайды [8].

Биомиметика – тірі ағзалардың құрылымдық және функционалдық ерекшеліктерін техникалық құрылғыларға көшірумен айналысатын ғылыми бағыт. Атап айтқанда, бұл тәсіл тірі табиғаттағы шешімдерден үлгі алу арқылы инновациялық құрылғылар мен роботтар жасауда кеңінен қолданылады.

Осы тұрғыдан алғанда, биология пәні мен робототехниканы кіріктірудің ғылыми негізі қалыптасады. Биология пәнінде оқушылар тірі ағзалардың анатомиясы, физиологиясы, мінез-құлқы және бейімделу ерекшеліктері туралы білім алады. Бұл білім STEM жобаларында роботтардың құрылымын жобалау мен олардың функционалын жетілдіру үшін қолданылады. Мысалы, өрмекшінің қозғалысын зерттеу арқылы сегіз аяқты өрмекші-робот, фототропизм құбылысына сүйене отырып жарыққа бұрылатын "өсімдік-робот", немесе аралар мен құмырсқалардың ұжымдық әрекетіне негізделген бірнеше роботтардан тұратын интеллектуалды жүйелер жасауға болады.

STEM-білім берудің тиімділігін нақты тәжірибелермен растау қазіргі педагогикалық зерттеулердің маңызды бағыты болып саналады.

Нунес және әріптестері [9] жүргізген зерттеулерде жобалық іс-әрекетке қатысқан оқушылардың 78%-ында оқу мотивациясы мен пәнге деген қызығушылықтың артқаны анықталған.

Сол сияқты Нгуен, Браун және Парк [10] өз еңбектерінде биомиметикалық жобаларды орындау барысында оқушылардың логикалық ойлау және мәселені шешу қабілеттері айтарлықтай дамитынын көрсеткен. Винсент және әріптестері биомиметиканың инженерлік жобалаудағы теориялық және практикалық маңызын көрсетті [11].

Қазақстандық контексте мұндай бағыттағы зерттеулер әлі де аз, дегенмен STEM жобаларына қатысқан білім алушылардың зерттеушілік және командалық жұмыс дағдыларының жақсарғаны байқалады.

Информатика пәні бұл жобалардың техникалық және логикалық негізін қалыптастырады. Роботтарды басқару үшін қажетті алгоритмдерді құру, сенсорлардан алынған ақпаратты өңдеу, қозғалысты кодтау және автоматтандыру процестері информатика курсының аясында жүзеге асады. Мысалы, Micro:bit немесе Arduino секілді платформаларды қолдана отырып, оқушылар роботтың қозғалысын немесе сенсорлық реакциясын бағдарлама көмегімен реттей алады. Бұл ретте оқушылар шартты операторлар, циклдер, айнымалылар, мәліметтермен жұмыс істеу сияқты бағдарламалау элементтерін меңгереді. Сонымен қатар, визуалды (Scratch, Tinkercad) және мәтіндік (C/C++, Python) кодтар жазу арқылы робототехникалық құрылғыны нақты тапсырмаларға бейімдейді.

Оқушылардың биология сабағында алған теориялық білімдерін робототехникалық жобалар арқылы тәжірибеде қолдануы олардың пәнаралық байланысты сезінуіне, сыни және шығармашылық ойлауына, инженерлік және бағдарламалау дағдыларын меңгеруіне ықпал етеді.

Бұл үдеріс педагог тарапынан арнайы әдістемелік сүйемелдеуді талап етеді. STEM жобаларын іске асыру барысында мұғалім тек тапсырма беруші емес, фасилитатор мен модератор рөлін атқарады. Ол оқу әрекетін бағыттап, білім алушының зерттеу логикасын өз бетінше құруына мүмкіндік береді.

Бхушан табиғи процестерді инженерлік модельдеудің әдістемесін ұсынды [12]. МакКарти өз зерттеуінде бионикалық жобалардың шығармашылық қырын ашады [13]. Ал Гордон инженерлік материалдардың беріктігі мен құрылымын түсіндіруде биомиметика қағидаларын қолданады [14]. Альбертс және әріптестері молекулалық биология тұрғысынан жасуша құрылымдарының өзін-өзі ұйымдастыру принциптерін сипаттап, STEM-логикасындағы зерттеу мәдениетіне негіз болды [15]. Сонымен қатар, мұндай кіріктіру оқушылардың жобалау, модельдеу, гипотеза құру және сынау, нәтижені талдау сияқты ғылыми-зерттеу әрекеттерін меңгеруіне мүмкіндік береді.

Кіріктірілген оқу үдерісінде мұғалім бағыттаушы, ұйымдастырушы рөлін атқарады. Ол оқушыларға нақты биологиялық тақырыптарды ұсыну арқылы роботтық жобаларға бағыт береді (1-кесте).

Кесте 1 – Кіріктірілген сабақтар

Биология тақырыбы	Робототехникалық жоба идеясы	Информатикалық дағдылар
Өсімдіктердің жарыққа әрекеті	Фототропизмге жауап беретін өсімдік-робот	Жарық сенсорын оқу, if шартын қолдану
Жәндіктердің аяқ құрылысы	Өрмекші-робот	Аяқ қозғалысын бағдарламалау (циклдер, логика)
Құстардың қанат қағу механизмі	Қанатты дрон	Қозғалысты басқару, модульдік код жазу
Сенсорлық жүйе	Жарыққа немесе дыбысқа реакция беретін робот	Сенсорлармен жұмыс, оқиғаларға жауап
Жануарлардың бағдарлануы	GPS арқылы қозғалатын автономды робот	Координаттарды оқу, бағытты есептеу

Мұндай жобалар оқушылардың танымдық қызығушылығын арттырып қана қоймай, оларды болашақта инженерлік, ақпараттық технологиялар, биотехнология немесе ғылыми-зерттеу салаларына бағыттауға ықпал етеді. Сонымен қатар, олар оқушыларды функционалдық сауаттылыққа, сандық технологияларды қолдана отырып шешім қабылдауға, және командалық жұмысқа бейімдейді.

Біз студенттермен бірге «Өрмекші-робот» жобасын жүзеге асырдық. Бұл жоба – робототехника, биология және информатика пәндерін кіріктіру арқылы жасалған оқу-тәжірибелік жұмыс.

Пәндермен байланысы:

Биология. Студенттер өрмекшілердің қозғалыс механизмін зерттеп және соның негізінде Arduino платформасын пайдаланып, төрт аяқты өрмекші-робот жасады. Буындардың саны мен орналасуына назар аудара отырып, роботтың аяқтарын табиғи қозғалысқа ұқсастырдық.

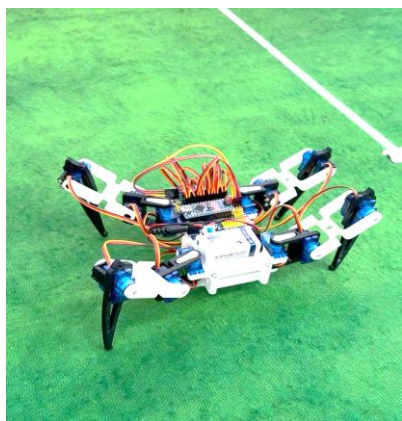
Информатика:

- Arduino микроконтроллері арқылы servo-моторларды басқаруды үйрендік.
- Роботты қозғалтатын бағдарлама кодын жаздық.
- Жарық немесе қашықтық сенсоры арқылы әрекет ету алгоритмін жасадық.

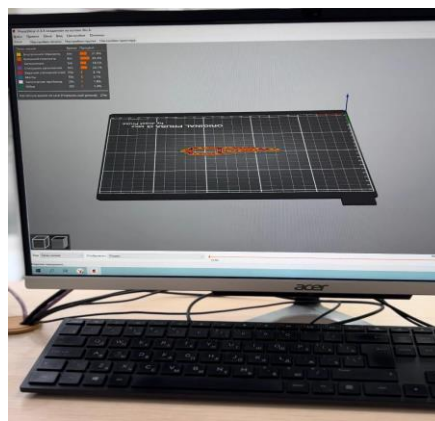
Робототехника:

- 3D бөлшектер мен конструкторлардан сегіз аяқты роботты жинадық.
- Роботты қозғалысқа келтіріп, оны нақты ортада сынақтан өткіздік.
- Роботты мобильді қосымша арқылы қашықтықтан басқара алатындай әзірледік

«Spider» жобасы – Arduino платформасы негізінде құрастырылған төрт аяқты робот болып табылады. Роботтың барлық құрылымдық элементтері Fusion360 бағдарламасында модельденіп, Prusa mk2 3D-принтері арқылы басылып шығарылған, бұл құрылғының дизайны мен функционалдығын даралай жобалауға мүмкіндік берді. «Spider» роботы аяқтардың қозғалысын қамтамасыз ететін 12 сервожетекпен (әр аяққа үш сервомотордан) жабдықталған. Роботтың барлық жүйесін басқару Arduino Nano микроконтроллері арқылы жүзеге асады, сондай-ақ ол автономды және Bluetooth HS-05 модулі көмегімен қашықтан басқару мүмкіндігіне ие (1-сурет).



«Өрмекші-робот» («Spider»)



Модельдеу барысы

Сурет 1 – Arduino платформасы негізінде құрастырылған төрт аяқты робот

Жоба функционалды өрмекшітектес роботты жасау барысында прототиптеу, электроника, бағдарламалау және аддитивті технологиялар (3D-баспа) сияқты заманауи технологиялардың қолданылуын көрсетеді.

Arduino платформасы «Spider» роботының басқару модулі ретінде таңдалды, себебі ол қолжетімді, қолдануға жеңіл және кең ауқымды әзірлеушілер қауымдастығына ие. Arduino ортасы сервожетектермен, түрлі датчиктермен және байланыс модульдерімен жұмыс істеуге арналған дайын кітапханалар мен ыңғайлы бағдарламалау мүмкіндігін ұсынады.

«Spider» робот-өрмекші робототехника технологияларын оқыту, тәжірибелер жүргізу және демонстрациялық мақсаттарға арналған көпфункционалды платформа ретінде жасалған. Оның құрылымы шынайы өрмекшілердің қозғалысын имитациялайды, бұл оны биомеханиканы зерттеу үшін тартымды және көрнекі құралға айналдырады.

Зерттеу барысында алынған нәтижелер робототехниканы биомиметика қағидаттарына негіздей отырып биология пәнімен кіріктіру студенттердің оқу іс-әрекетіне оң әсер ететінін көрсетті. Жобалық жұмыс үдерісіне қатысу білім алушылардың тек техникалық дағдыларын ғана емес, сонымен қатар биологиялық мазмұнды түсіну тереңдігін де арттырды. Бұл, шынында, алдын ала болжанған нәтиже еді, бірақ тәжірибе барысында оның қалай жүзеге асқаны маңыздырақ болды.

Сауалнама мен бақылау нәтижелерін талдау студенттердің 78%-ында оқу мотивациясының артқанын көрсетті. Әсіресе биология пәніне деген қызығушылықтың күшейгені байқалды, себебі студенттер тірі ағзалардың қозғалыс механизмдерін абстрактілі схема ретінде емес, нақты жұмыс істейтін модель арқылы көре алды. Мұндай нәтиже жобалық және практикалық бағыттағы STEM-оқытудың тиімділігін көрсететін өзге зерттеулермен де сәйкес келеді [1, 3]. 2-кестеде көрсетілген деректер жобалық жұмысқа дейін және кейін студенттердің оқу іс-әрекетінде айқын өзгерістер болғанын дәлелдейді.

Кесте 2 – Биомиметикаға негізделген робототехникалық жобаны іске асыруға дейінгі және кейінгі көрсеткіштердің салыстырмалы талдауы

Көрсеткіштер	Экспериментке дейін	Эксперименттен кейін
Биология пәніне қызығушылық деңгейі	Орташа, фрагментарлы	Жоғары, тұрақты
Пәнаралық байланысты түсіну (биология–информатика–технология)	Төмен	Жоғары

Көрсеткіштер	Экспериментке дейін	Эксперименттен кейін
Биологиялық білімді практикалық тапсырмаларда қолдану	Сирек, үлгіге сүйену арқылы	Өздігінен, саналы түрде
Инженерлік ойлау элементтерін қолдану	Бастапқы деңгей	Орташа–жоғары деңгей
Алгоритмдік әрекеттерді түсіну	Дайын кодты қолдану	Кодты өзгерту, түзету
Жобалық жұмысқа қатысу белсенділігі	Пассивті	Белсенді, бастамашыл
Командалық жұмыс дағдылары	Тұрақсыз	Жүйелі
Оқу мотивациясы	Сыртқы (баға, талап)	Ішкі (қызығушылық, нәтиже)

Экспериментке дейін биология пәні көбіне теориялық деңгейде қабылданса, робототехникалық жобаны іске асырудан кейін білім алушылар биологиялық ұғымдарды инженерлік модельдеу арқылы түсіндіре бастады. Ерекше өзгеріс пәнаралық байланысты ұғыну, алгоритмдік ойлау және оқу мотивациясы көрсеткіштерінен байқалды.

3-кестеде ұсынылған пайыздық деректер биомиметикаға негізделген робототехникалық жобаны іске асырудан кейін студенттердің оқу әрекетінде айқын оң өзгерістер болғанын көрсетеді.

Кесте 3 – Экспериментке дейін және кейін студенттердің оқу көрсеткіштерінің пайыздық өзгерісі (n = 25)

Көрсеткіштер	Экспериментке дейін (%)	Эксперименттен кейін (%)
Биология пәніне жоғары қызығушылық танытқан студенттер	33%	78%
Пәнаралық байланысты саналы түрде түсінгендер (биология–информатика–робототехника)	28%	72%
Биологиялық білімді практикалық тапсырмаларда қолдана алғандар	22%	68%
Инженерлік ойлау элементтерін көрсете алған студенттер	17%	65%
Алгоритмді өздігінен түзете алғандар	19%	61%
Жобалық жұмысқа белсенді қатысқандар	31%	81%
Командалық өзара әрекетке белсенді қатысқандар	36%	83%
Ішкі оқу мотивациясы басым студенттер	27%	74%

Экспериментке дейін көрсеткіштердің басым бөлігі төмен немесе орташа деңгейде тіркелсе, жобалық жұмыс аяқталғаннан кейін жоғары деңгей үлесінің едәуір артқаны байқалады.

Әсіресе пәнге деген қызығушылық, пәнаралық байланысты түсіну және инженерлік ойлау көрсеткіштері бойынша өсім айқын көрінеді. Бұл нәтижелер оқу үдерісінде биологиялық білімді инженерлік модельдеу арқылы меңгертудің тиімділігін растайды.

Бұл нәтижелер биомиметика қағидаттарына негізделген робототехникалық жобалар оқу үдерісін белсенді әрекетке бағыттап, білімнің қолданбалылық сипатын күшейтетінін көрсетеді.

Пәнаралық байланысты түсіну деңгейі де айтарлықтай өзгерді. Эксперимент соңында студенттердің 72%-ы биология мен информатика, сондай-ақ инженерлік модельдеу арасындағы логикалық байланысты нақты түсіндіре алатын деңгейге жетті. Олар тірі ағзалардағы қозғалыс принциптерін сервожетектердің жұмысы және бағдарламалау алгоритмдерімен сәйкестендіріп, өз шешімдерін негіздей алды. Бұл нәтиже биомиметикаға негізделген жобалардың пәнаралық ойлауды дамытудағы әлеуетін растайды [5, 6].

Инженерлік ойлау дағдыларының қалыптасуы әсіресе роботты тестілеу кезеңінде айқын байқалды. Студенттердің шамамен 65%-ы робот қозғалысындағы қателерді өздігінен анықтап, бағдарламалық алгоритмді түзетуге әрекет етті. Бұл жағдайда білім алушылар дайын нұсқаулыққа сүйенуден гөрі, тәжірибе арқылы шешім қабылдауға бейімделгені аңғарылды. Осындай әрекеттер зерттеушілік мінез-құлықтың қалыптаса бастағанын көрсетеді.

Жобалық жұмыс барысында студенттердің коммуникативтік және командалық өзара іс-қимыл дағдылары да дамыды. Шағын топтарда жұмыс істеу кезінде идеяларды бірлесе талқылау, міндеттерді бөлу және жауапкершілікті бөлісу тәжірибесі қалыптасты. Бұл құбылысты тек қосымша нәтиже ретінде емес, STEM-білім берудің маңызды құрамдас бөлігі ретінде қарастыруға болады.

Алынған нәтижелер биомиметикаға негізделген робототехникалық жобалардың білім беру әлеуетін көрсетеді. Алайда бұл зерттеу кең ауқымды статистикалық қорытынды жасауға бағытталмағанын да ескеру қажет. Мұндағы басты құндылық — оқу үдерісінде пәнаралық кіріктірудің қалай жүзеге асатынын көрсету және оның студенттердің оқу тәжірибесін қалай өзгертетінін сипаттау. Осы тұрғыдан алғанда, алынған деректер оқу тәжірибесін жетілдіруге бағытталған сапалық негіз ретінде қарастырылды.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу робототехниканы биомиметика қағидаттарына негіздей отырып биология пәнімен кіріктірудің педагогикалық тұрғыдан тиімді екенін көрсетті. Жобалық оқыту форматында ұйымдастырылған «өрмекші-робот» жобасы студенттерге биологиялық ұғымдарды тек теориялық деңгейде емес, инженерлік модельдеу арқылы тәжірибеде меңгеруге мүмкіндік берді.

Эксперимент нәтижелері студенттердің оқу іс-әрекетінде бірқатар маңызды өзгерістер болғанын дәлелдейді. Экспериментке дейін биологияға деген қызығушылық пен пәнаралық байланысты түсіну деңгейі төмен немесе фрагментарлы сипатта болса, жобалық жұмыс аяқталғаннан кейін бұл көрсеткіштердің айтарлықтай артқаны анықталды. Әсіресе биологиялық білімді практикалық тапсырмаларда қолдану, алгоритмдік ойлау және инженерлік шешім қабылдау дағдыларының қалыптасуы байқалды. Пайыздық деректер студенттердің басым бөлігінің оқу мотивациясы сыртқы факторлардан ішкі қызығушылыққа ауысқанын көрсетті.

Биомиметикаға негізделген робототехникалық жобалар пәнаралық байланысты табиғи түрде іске асырып, білім алушылардың зерттеушілік және шығармашылық әлеуетін ашуға жағдай жасайды. Мұндай жобалар барысында студенттер командалық жұмыс тәжірибесін меңгеріп қана қоймай, қателікті талдау, өз шешімін негіздеу және нәтижені бағалау дағдыларын дамытады. Бұл қасиеттер қазіргі STEM-білім берудің негізгі талаптарымен толық сәйкес келеді.

Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері мұндай кіріктірілген жобалардың болашақ педагогтерді даярлау үдерісінде ерекше маңызға ие екенін көрсетеді. Робототехника мен биологияны ұштастыру арқылы болашақ мұғалімдердің кәсіби ойлауы, пәндік икемділігі және инновациялық технологияларды қолдануға дайындығы қалыптасады.

Қорытындылай келе, биомиметикаға негізделген робототехникалық жобаларды STEM-білім беру аясында қолдану оқу үдерісін тәжірибеге бағдарланған, мазмұнды және мотивациялық тұрғыдан бай форматта ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер бұл тәсілді мектептер мен жоғары оқу орындарында кеңінен енгізудің педагогикалық негізі бола алатынын көрсетеді және болашақта осы бағыттағы зерттеулерді тереңдетуге негіз қалайды.

ӘДЕБИЕТТЕР:

- 1 Назарбаев Зияткерлік мектептері. STEM жобалар: әдістемелік құрал. – Астана: ДББҰ, 2021. – 120 б.
- 2 Тұрғынбаева Б.А. Оқу үдерісіндегі кіріктірілген оқыту әдістері. – Алматы: Білім, 2019. – 150 б.

- 3 Сәрсенбаева Л.М., Молдабекова Ш. STEM-бағдарланған білім беруде робототехниканы қолдану // Білім әлемі. – 2020. – №4. – С. 32–35.
- 4 Айдарбекова А.Б., Тажибаева Г.Е. STEM білім беру жүйесінде пәнаралық кіріктіру: биология және информатика мысалында // Педагогикалық шолу. – Нұр-Сұлтан: ҚР БҒМ, 2022. – С. 45–52.
- 5 Винсент Дж. Ф.В., Богатырева О.А., Богатырев Н.Р., Боуьер А., Паль А.К. Биомиметика: её практика и теория (пер. назв.). // *Bioinspiration & Biomimetics*. – 2006. – Vol. 1, №3. – P. S1–S9. DOI: 10.1088/1748-3182/1/3/S01.
- 6 Bar-Cohen, Y. *Biomimetics: Biologically Inspired Technologies* - Boca Raton: CRC Press, 2006. – 527 p.
- 7 Kim S., Laschi Cecilia, Trimmer B. Soft robotics: a bioinspired evolution in robotics // *Trends in Biotechnology*. – 2013. – Vol. 31, №5. – P. 287–294. DOI: 10.1016/j.tibtech.2013.03.002.
- 8 Benyus, Janine M *Biomimicry : innovation inspired by nature* - New York: Harper Perennial, 1997. – 308 p. <https://archive.org/details/biomimicryinnova0000beny>
- 9 Nunes D.F., Barreto D., Oliveira A. Biomimetic educational robotics: A methodology to improve STEM motivation // *International Journal of Engineering Education*. – 2018. – Vol. 34, №2. – P. 456–462.
- 10 Nguyen H., Brown J., Park J. Integrating biology into robotics: A framework for biomimetic design // *Robotics and Autonomous Systems*. – 2020. – Vol. 124. – Article 103391. DOI: 10.1016/j.robot.2019.103391.
- 11 Винсент Дж. Ф. В., Богатырева О. А., Богатырев Н. Р., Боуьер А., Паль А.-К. Биомиметика: её практика и теория // *Журнал Королевского научного общества*. – 2006. – Т. 3, №9. – С. 471–482. DOI: 10.1098/rsif.2006.0127.
- 12 Бхушан Б. Биомиметика: уроки природы – обзор (пер. назв.). // *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. – 2009. – Vol. 367, №1893. – P. 1445–1486. DOI: 10.1098/rsta.2009.0011.
- 13 McCarthy M. The life of the founder of a bionic company is an exciting adventure // *Dayton Daily News*. – 2009. – P. 12.
- 14 Gordon J.E. *The New Science of Strong Materials, or Why You Don't Fall Through the Floor*. 2nd ed. – London: Pelican-Penguin, 1984. – 240 p.
- 15 Alberts B., Johnson A., Lewis J., Raff M., Roberts K., Walter P. *Molecular Biology of the Cell*. – New York: Garland Science, 2008. – 1464 p.

REFERENCES:

- 1 Nazarbaev Ziyatkerlik mektepteri. (2021). *STEM zhobalar: әдістемелік құрал* [STEM projects: methodological guide]. Astana: DBBU, 120 p. (in Kazakh).
- 2 Turgynbaeva B.A. (2019). *Oqu үдерisindegi kiriktirilgen oqu әдіsteri* [Integrated teaching methods in the learning process]. Almaty: Bilim, 150 p. (in Kazakh).
- 3 Sarsenbaeva L.M., Moldabekova Sh. (2020). *STEM-bag' darlangan bilim berude robototekhnikany qoldanu* [Using robotics in STEM-oriented education]. *Bilim әлемі*, no. 4, pp. 32–35. (in Kazakh).
- 4 Aidarbekova A.B., Tazhibayeva G.E. (2022). *STEM bilim beru jүйesinde pәnaralyq kiriktiru: biologіa және informatika misalında* [Interdisciplinary integration in STEM education: on the example of biology and informatics]. *Pedagogikalyq sholu*, Nur-Sultan: Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, pp. 45–52. (in Kazakh).
- 5 Vincent J.F.V., Bogatyreva O.A., Bogatyrev N.R., Bowyer A., Pahl A.-K. (2006). *Biomimetics: Its practice and theory*. *Bioinspiration & Biomimetics*, vol. 1, no. 3, pp. S1–S9. DOI: 10.1088/1748-3182/1/3/S01.
- 6 Bar-Cohen Y. (2006). *Biomimetics: Biologically Inspired Technologies*. Boca Raton: CRC Press, 527 p.
- 7 Kim S., Laschi C., Trimmer B. (2013). Soft robotics: A bioinspired evolution in robotics. *Trends in Biotechnology*, vol. 31, no. 5, pp. 287–294. DOI: 10.1016/j.tibtech.2013.03.002.
- 8 Benyus J.M. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Harper Perennial, 308 p.
- 9 Nunes D.F., Barreto D., Oliveira A. (2018). Biomimetic educational robotics: A methodology to improve STEM motivation. *International Journal of Engineering Education*, vol. 34, no. 2, pp. 456–462.
- 10 Nguyen H., Brown J., Park J. (2020). Integrating biology into robotics: A framework for biomimetic design. *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 124, article 103391. DOI: 10.1016/j.robot.2019.103391.
- 11 Vincent J.F.V., Bogatyreva O.A., Bogatyrev N.R., Bowyer A., Pahl A.-K. (2006). *Biomimetika: ee praktika i teoriya* [Biomimetics: its practice and theory]. *Zhurnal Korolevskogo nauchnogo obshchestva*, vol. 3, no. 9, pp. 471–482. DOI: 10.1098/rsif.2006.0127. (in Russian).
- 12 Bhushan B. (2009). *Biomimetics: Lessons from nature – an overview*. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 367, no. 1893, pp. 1445–1486. DOI: 10.1098/rsta.2009.0011.
- 13 McCarthy M. (2009). *The life of the founder of a bionic company is an exciting adventure* [The life of the founder of a bionic company – an exciting adventure]. *Dayton Daily News*, p. 12. (in Russian).
- 14 Gordon J.E. (1984). *The New Science of Strong Materials, or Why You Don't Fall Through the Floor*. 2nd ed. London: Pelican-Penguin, 240 p.
- 15 Alberts B., Johnson A., Lewis J., Raff M., Roberts K., Walter P. (2008). *Molecular Biology of the Cell*. New York: Garland Science, 1464 p.

ОПЫТ ИНТЕГРАЦИИ РОБОТОТЕХНИКИ С БИОЛОГИЕЙ НА ОСНОВЕ БИОМИМЕТИКИ

Шалабаева К.Ж.* , Мукашева Д.М., Аннабигин А.У.

Жетысуский университет имени И. Жансугурова, Республика Казахстан, г. Талдыкорган

*e-mail: kuanysh_shalabayeva@mail.ru, danagul.mukasheva.84@mail.ru, annabigin@list.ru

Аннотация. В данной статье проанализирован педагогический опыт, основанный на принципах биомиметики, как новый подход к интеграции обучения биологии и робототехники. В ходе исследования студенты изучали особенности движения, адаптации и морфологии живых организмов в природе и на основе полученных данных разрабатывали технические модели, реализуя проект «робот-паук». Проект был собран на базе платформы Arduino с использованием 12 сервомоторов, смоделирован в программе Fusion360 и напечатан на 3D-принтере Prusa mk2. Такой интегративный подход объединил теоретические и прикладные аспекты STEM-образования и повысил интерес обучающихся к естественным наукам.

В процессе исследования были интегрированы дисциплины биологии, информатики и робототехники, а инженерное мышление, навыки моделирования и программирования студентов оценивались экспериментальным путем. В качестве методов исследования использовались наблюдение, проектная деятельность, 3D-моделирование, прототипирование и программирование. Результаты исследования показали, что междисциплинарная интеграция способствует развитию инженерного мышления, алгоритмической деятельности и творческой активности студентов. У большинства участников было отмечено повышение учебной мотивации и улучшение способности применять биологические знания при решении практических задач.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что использование робототехники на основе биомиметики развивает инженерное и творческое мышление студентов, алгоритмические навыки, а также способности к исследованию и анализу. Кроме того, междисциплинарный проектный процесс усиливает взаимосвязь предметов биологии, информатики и физики, повышая функциональную грамотность обучающихся.

Внедрение робототехнических проектов, основанных на биомиметике, в систему образования является эффективным способом формирования научного мышления, экологического сознания и исследовательской культуры учащихся. Такой подход связывает содержание обучения с реальной жизнью и повышает мотивацию к обучению через практическую деятельность.

Ключевые слова: STEM, hard skills, soft skills, робототехника, платформа Arduino, биомиметика, робот-паук, 3D-моделирование.

THE EXPERIENCE OF INTEGRATING ROBOTICS WITH BIOLOGY ON THE BASIS OF BIOMIMETICS

K.Zh. Shalabaeva* , D.M. Mukasheva, A.U. Annabigin

Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Republic of Kazakhstan, Taldykorgan

*e-mail: kuanysh_shalabayeva@mail.ru, danagul.mukasheva.84@mail.ru, annabigin@list.ru

Abstract. This article analyzes pedagogical experience based on the principles of biomimetics as an innovative approach to integrating biology and robotics education. During the study, students explored the movement, adaptation, and morphological features of living organisms in nature and applied this knowledge to develop technical models, resulting in the creation of a “spider robot” project. The project was built using the Arduino platform with 12 servo motors, modeled in Fusion360, and manufactured using a Prusa mk2 3D printer. This integrative approach combined theoretical and applied aspects of STEM education and increased students’ interest in the natural sciences.

The study integrated biology, computer science, and robotics, while students’ engineering thinking, modeling, and programming skills were experimentally assessed. Research methods included observation, project-based learning, 3D modeling, prototyping, and programming. The results demonstrated that interdisciplinary integration contributes to the development of engineering thinking, algorithmic skills, and creative activity among students. Most participants showed increased learning motivation and improved ability to apply biological knowledge to practical tasks.

The findings indicate that the use of biomimetic-based robotics enhances students’ engineering and creative thinking, algorithmic skills, as well as their research and analytical abilities. In addition, the interdisciplinary design process strengthens the interconnection between biology, computer science, and physics, thereby improving students’ functional literacy.

The implementation of biomimetic robotics projects in the education system is an effective way to foster scientific thinking, environmental awareness, and research culture among learners. This approach connects educational content with real-life applications and enhances learning motivation through hands-on practice.

Keywords: STEM, hard skills, soft skills, robotics, Arduino platform, biomimetics, spider robot, 3D modeling.