

Л.Қ. Жайдақбаева^{1*}, Е.А. Пернебаев¹, Г.М. Адырбекова^{1*},
Д.Ж. Изтаев¹, Қ.Б. Естай¹

¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

*e-mail: lyazzat.zhaidakbaeva@auuezov.edu.kz

STEM ТЕХНОЛОГИЯСЫ АРҚЫЛЫ ИНЖЕНЕРЛІК ОЙЛАУДЫ ДАМУ: ЭМПИРИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Бұл мақалада STEM-білім беру аясында инженерлік және есептеу ойлауды дамыту мәселесі қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – STEM-бағдарланған оқыту арқылы білім алушылар мен жоғары оқу орны студенттерінің инженерлік ойлау деңгейін эмпирикалық тұрғыда анықтау және оның информатика пәні бойынша жетістіктермен байланысын талдау. Зерттеуге Қазақстан мектептерінің білім алушылары мен М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің информатика кафедрасында оқитын 50 студент қатысты. Зерттеу барысында есептеу ойлауын өлшеуге арналған (CTS) сауалнамасы, авторлық тест тапсырмалары қолданылып, алынған деректер тест тапсырмаларына жауап беру теориясы (IRT) әдісі арқылы талданды. Сонымен қатар инженерлік ойлау мен оқу жетістіктері арасындағы өзара байланыс регрессиялық талдау негізінде анықталды. Нәтижелер STEM-оқыту инженерлік ойлаудың алгоритмдік ойлау, модельдеу және мәселені құрылымдау компоненттерін айтарлықтай арттыратынын көрсетті. Зерттеу нәтижелері инженерлік ойлауды дамытуда STEM тәсілдерінің тиімділігін дәлелдейді және білім беру тәжірибесіне енгізуге ұсынылады.

Түйін сөздер: STEM-білім беру, инженерлік ойлау, есептеу ойлауы, CTS, IRT, регрессиялық талдау.

Л.К. Жайдақбаева¹, Е.А. Пернебаев¹, Г.М. Адырбекова¹, Д.Ж. Изтаев¹, Қ.Б. Естай¹

¹Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ STEM-ТЕХНОЛОГИЙ: ИССЛЕДОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Аннотация

В статье рассматривается проблема развития инженерного и вычислительного мышления в условиях STEM-образования. Цель исследования – эмпирически определить уровень инженерного мышления обучающихся и студентов высших учебных заведений в процессе STEM-ориентированного обучения, а также выявить его связь с учебными достижениями по информатике. В исследовании приняли участие обучающиеся школ Казахстана и 50 студентов кафедры информатики Южно-Казахстанского университета имени М. Ауэзова. В качестве инструментов исследования использовались опросник оценки вычислительного мышления (CTS) и авторские тестовые задания, обработка данных проводилась с применением теории ответов на задание (IRT). Взаимосвязь между инженерным мышлением и учебными достижениями анализировалась с помощью регрессионного анализа. Результаты исследования показали, что STEM-обучение способствует значительному развитию алгоритмического мышления, навыков моделирования и структурирования задач. Полученные выводы подтверждают эффективность STEM-подхода и могут быть использованы в практике современного образования.

Ключевые слова: STEM-образование, инженерное мышление, вычислительное мышление, CTS, IRT, регрессионный анализ.

L.K. Zhaidakbayeva¹, E.A. Pernebayev¹, G.M. Adyrbekova¹, D.Zh. Iztayev¹, K.B. Estai¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

DEVELOPING ENGINEERING THINKING THROUGH STEM TECHNOLOGIES: AN EMPIRICAL DATA-BASED STUDY

Abstract

This article examines the development of engineering and computational thinking within the framework of STEM education. The purpose of this article empirically research the development engineering thinking in school and university students teaching STEM technologies and to analyze the results of learning computer science. The study involved school learners from Kazakhstan and 50 undergraduate students from the Department of Informatics at M. Auezov South Kazakhstan University. Research instruments included the Computational Thinking Scale (CTS) and author-designed test tasks, with data analyzed using Item Response Theory (IRT). The relationship between engineering thinking and academic performance was examined through regression analysis. The results indicate that STEM-based instruction significantly enhances algorithmic thinking, modeling skills, and problem structuring abilities. The findings confirm the effectiveness of STEM education in fostering engineering thinking and provide practical implications for educational practice.

Keywords: STEM education, engineering thinking, computational thinking, CTS, IRT, regression analysis.

Кіріспе

Қазіргі жаһандану жағдайында білім беру жүйесіне қойылатын талаптар күрделене түсуде. Экономиканың цифрлануы, технологиялық үдерістердің жеделдеуі және өндірістік салалардың интеллектуалдануы білім алушылардан тек пәндік білімді ғана емес, сонымен қатар күрделі мәселелерді талдау, жүйелік ойлау және негізделген шешім қабылдау қабілеттерін талап етеді. Осы тұрғыдан алғанда инженерлік ойлау ХХІ ғасыр дағдыларының маңызды құрамдас бөлігі ретінде қарастырылады [1-4]. Инженерлік ойлау нақты өмірлік мәселелерді шешуге бағытталған, белгісіздік жағдайында әрекет етуге мүмкіндік беретін когнитивтік қабілеттер жиынтығын қамтиды. Инженерлік ойлаудың теориялық негіздері бірқатар зерттеушілердің еңбектерінде кеңінен талданған. Атап айтқанда, Dym, Agogino, Eris, Frey және Leifer (2005) инженерлік ойлауды белгісіз және ашық типті мәселелерді шешуге бағытталған, талдау мен синтезге негізделген күрделі когнитивтік үдеріс ретінде сипаттайды [5]. Авторлар инженерлік шешім қабылдау барысында баламалы нұсқаларды салыстыру, шектеулерді ескеру және модельдеу әрекеттерінің маңыздылығын атап көрсетеді. Ал Jonassen (2014) инженерлік ойлаудың өзегінде күрделі, нашар құрылымдалған мәселелерді құрылымдау, жүйелік ойлау және контексті ескере отырып шешім қабылдау дағдылары жатқанын дәлелдейді [6]. Atman және әріптестері (2007) өз зерттеулерінде инженерлік ойлауды жобалау әрекетімен, итеративті талдау, рефлексия және шешімді жетілдіру үдерістерімен тығыз байланыстырады [7]. Бұл көзқарастар инженерлік ойлаудың тек техникалық дағды емес, кешенді когнитивтік және метатанымдық қабілеттер жүйесі екенін көрсетеді.

Инженерлік ойлауды білім беру үдерісінде тиімді қалыптастыру мәселесі STEM-білім беру тұжырымдамасымен тығыз байланысты. STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) интеграцияланған тәсілі білім алушыларды пәнаралық байланыстар негізінде оқытуға, теориялық білімді практикалық жағдаяттарда қолдануға және жобалық-ізденіс әрекеттеріне тартуға мүмкіндік береді. STEM арқылы ұйымдастырылған оқу үдерісі инженерлік ойлаудың негізгі компоненттері - мәселені анықтау, модельдеу, алгоритмдеу, жобалау, тестілеу және рефлексия - жүйелі түрде дамуына жағдай жасайды [8-11]. Осыған байланысты STEM тәсілі инженерлік ойлауды дамытуда педагогикалық тұрғыдан негізделген және нәтижелі құрал ретінде қарастырылады. Осы ретте зерттеудің мақсаты – STEM-білім беру негізінде инженерлік ойлауды дамыту мүмкіндіктерін теориялық тұрғыда негіздеу және эмпирикалық деректер арқылы оның тиімділігін анықтау. Зерттеу барысында білім алушылардың инженерлік ойлау деңгейі есептеу және инженерлік тапсырмалар, сауалнамалар

мен тесттік әдістер арқылы бағаланып, алынған нәтижелер статистикалық талдау негізінде интерпретацияланды.

Негізгі ережелер. Инженерлік ойлау көпқырлы когнитивтік құрылым ретінде қарастырылады және бірнеше өзара байланысты компоненттерден тұрады. Зерттеушілердің еңбектеріне сүйене отырып, инженерлік ойлаудың негізгі құрамдас бөліктеріне (мәселені анықтау және құрылымдау, талдау, синтез, модельдеу, шешім қабылдау, рефлексия) талдау жасауға болады. Бұл компоненттер инженерлік қызметтің барлық кезеңдерінде біртұтас жүйе ретінде жүеге асады және білім алушылардың күрделі практикалық жағдаяттарда тиімді әрекет етуіне мүмкіндік береді. Мәселені құрылымдау кезеңінде білім алушылар берілген жағдаяттың шектеулерін, мақсаттарын және талаптарын анықтайды. Бұл кезең инженерлік ойлаудың іргетасы болып табылады, себебі дұрыс құрылымдалмаған мәселе тиімсіз шешімдерге алып келуі мүмкін. Ал талдау және синтез үдерістері мәселенің құрамдас элементтерін бөлшектеу және оларды жаңа шешім моделіне біріктіру арқылы жүзеге асады. Мұндай әрекеттер білім алушылардың логикалық және алгоритмдік ойлауын дамытуға ықпал етеді. STEM-білім беру инженерлік ойлауды дамытудың тиімді педагогикалық ортасын қалыптастырады. STEM тәсілі жаратылыстану ғылымдарын қамти отырып, оқытуда практикалық міндеттермен ұштастыруға бағытталған. Мұндай пәнаралық ықпалдастық инженерлік мәселелерді кеш енді түрде қарастыруға мүмкіндік береді және білім алушылардың жүйелік ойлау қабілетін қалыптастырады.

STEM аясында қолданылатын жобалық және проблемалық оқыту әдістері инженерлік ойлаудың негізгі компоненттерін табиғи түрде іске қосады. Жобалау барысында білім алушылар нақты өнім немесе модель әзірлей отырып, мәселені талдайды, баламалы шешімдерді салыстырады, прототиптерді сынақтан өткізеді және алынған нәтижелерді рефлексиялайды [12-14]. Бұл үдеріс инженерлік ойлаудың интегративті сипатын айқындайды және білім алушылардың танымдық белсенділігін арттырады. Сонымен қатар инженерлік ойлау есептеу ойлаумен тығыз байланысты. Есептеу ойлау логикалық пайымдау, алгоритмдік құрылымдау, абстракция және жалпылау дағдыларын қамтиды, ал бұл дағдылар инженерлік шешім қабылдаудың негізін құрайды. STEM-білім беру үдерісінде есептеу ойлауды дамыту инженерлік тапсырмаларды орындау барысында жүзеге асады және білім алушылардың күрделі жүйелерді түсінуіне мүмкіндік береді. Есептеу ойлаудың элементтері инженерлік жобалау кезінде мәселені кезеңдерге бөлу, процестерді модельдеу және нәтижелерді болжау әрекеттері арқылы көрініс табады. Осы тұрғыдан алғанда, инженерлік және есептеу ойлаудың өзара байланысы білім алушылардың жоғары деңгейдегі танымдық қабілеттерін қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. STEM арқылы инженерлік ойлауды дамыту белгілі бір педагогикалық шарттардың сақталуын талап етеді. Оларға оқу мазмұнының пәнаралық сипаты, оқу тапсырмаларының өмірмен байланыстылығы, зерттеушілік және жобалық әрекеттердің басым болуы, сондай-ақ рефлексияға негізделген кері байланысты ұйымдастыру жатады. Бұл шарттар білім алушылардың оқу үдерісіне белсенді қатысуын қамтамасыз етеді және инженерлік ойлаудың саналы түрде қалыптасуына ықпал етеді. Сонымен қатар, білім алушылардың инженерлік ойлауын дамытуда оқытушының фасилитатор ретіндегі рөлі ерекше маңызға ие. Оқытушы бағыттаушы, кеңесші және рефлексияны ұйымдастырушы ретінде әрекет ете отырып, білім алушылардың дербес шешім қабылдауына және шығармашылық ізденісіне жағдай жасайды.

Зерттеу әдіснамасы

Зерттеу квазиэксперименттік және корреляциялық дизайн негізінде ұйымдастырылды. Зерттеудің мақсаты STEM-білім беру жағдайында білім алушылардың инженерлік және есептеу ойлау деңгейін анықтау, сондай-ақ олардың оқу жетістіктерімен өзара байланысын айқындау болды. Зерттеу барысында сандық әдістер басым қолданылып, алынған деректер статистикалық талдау арқылы өңделді. Зерттеуге Қазақстан Республикасының жалпы білім беретін мектептерінің білім алушылары қатысты. Атап айтқанда, іріктеме құрамына Шымкент

қаласындағы IT бағытындағы мектептер, №4 Сарағаш «Дарын» мектеп-интернаты және А.С.Пушкин атындағы №1 мектебінің білім алушылары енгізілді. Зерттеу қатысушылары әртүрлі әлеуметтік және академиялық деңгейлерді қамти отырып, инженерлік ойлауды дамытудағы STEM тәсілінің әмбебаптығын бағалауға мүмкіндік берді. Қатысушылар ерікті түрде тартылып, зерттеу этикасының негізгі талаптары сақталды. STEM тәсілі негізінде инженерлік ойлауды дамыту оқытудың заманауи әдістерін қолдануды талап (1-сурет), Мысал зерттеу, жобалау, құрастыру: тақырыпқа байланысты қадамдар оқушылардың инженерлік ойлауын дамытудың кезеңдерімен пара-пар.



Сурет 1. STEM тәсілі негізінде инженерлік ойлауды дамыту формалары

Зерттеуде деректерді жинау үшін бірнеше өзара толықтырушы құралдар пайдаланылды. Инженерлік және есептеу ойлауды бағалау мақсатында көп таңдаулы тапсырмалардан тұратын тесттер қолданылды. Тест тапсырмалары инженерлік ойлаудың негізгі компоненттерін (мәселені құрылымдау, алгоритмдік ойлау, модельдеу, талдау және шешім қабылдау) өлшеуге бағытталды. Сонымен қатар, білім алушылардың есептеу ойлау деңгейін анықтау үшін Computational Thinking Scale (CTS) сауалнамасы қолданылды. CTS шкаласы логикалық ойлау, абстракция, алгоритмдеу және жалпылау дағдыларын өлшеуге мүмкіндік береді. Барлық өлшеу құралдары алдын ала апробациядан өткізіліп, мазмұндық валидтілігі пәндік сарапшылар тарапынан тексерілді. Білім алушылардың оқу жетістіктерін сипаттау үшін алгебра және информатика пәндері бойынша академиялық үлгерім көрсеткіштері пайдаланылды. Бұл көрсеткіштер инженерлік ойлау мен пәндік жетістіктер арасындағы байланысты талдауға негіз болды. Деректерді өңдеу және талдау әдістері. Жиналған деректерді өңдеу барысында Item Response Theory (IRT) әдісі қолданылды. IRT моделі тест тапсырмаларының күрделілік деңгейін, дискриминациялық қабілетін және өлшеу дәлдігін анықтауға мүмкіндік берді. Осы әдіс арқылы қолданылған тесттердің психометриялық сенімділігі мен валидтілігі қамтамасыз етілді. Инженерлік және есептеу ойлау деңгейі мен білім алушылардың оқу жетістіктері арасындағы өзара байланысты анықтау мақсатында регрессиялық талдау жүргізілді. Регрессиялық модельдер инженерлік ойлаудың алгебра және информатика пәндері бойынша жетістіктерге ықпалын бағалауға бағытталды. Сонымен қатар, зерттеу барысында жыныстық айырмашылықтарды анықтау үшін салыстырмалы статистикалық талдау әдістері қолданылды. Барлық статистикалық өңдеу стандартты статистикалық бағдарламалық құралдар көмегімен жүзеге асырылды. Алынған нәтижелердің маңыздылығы $p < 0.05$ деңгейінде бағаланды.

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу бірнеше кезеңде жүргізілді.

- Алғашқы кезеңде теориялық талдау жүргізіліп, зерттеу құралдары әзірленді.
- Екінші кезеңде STEM негізінде ұйымдастырылған оқу үдерісі аясында деректер жиналды.
- Үшінші кезеңде алынған эмпирикалық деректер статистикалық өңдеуден өткізіліп, нәтижелер интерпретацияланды және ғылыми тұжырымдар жасалды.

Практикалық бөлім. Зерттеудің практикалық бөлімі STEM+AI негізінде ұйымдастырылған инновациялық оқыту ортасында білім алушылардың инженерлік және есептеу ойлау

дағдыларын дамытуға бағытталған тапсырмалар жүйесін қамтыды. Практикалық жұмыстар жобалық, зерттеушілік және цифрлық құралдарды қолдану арқылы жүзеге асырылды. Практикалық бөлім келесі бағыттар бойынша ұйымдастырылды (1-кесте).

Кесте 1. Практикалық бөлім бағыттары

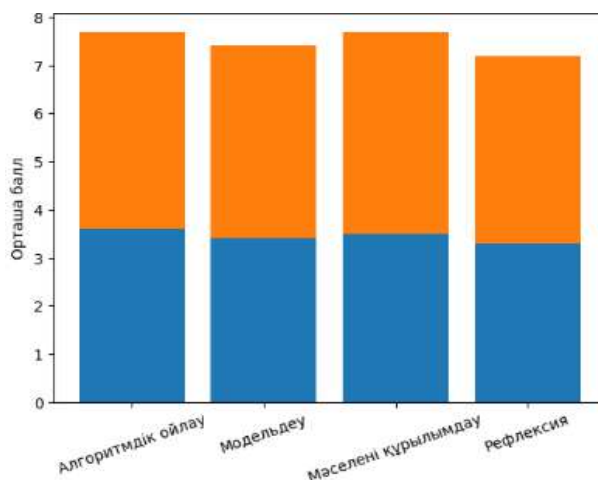
№	Тапсырмалар	Жобалар түрлері	Практикалық тапсырмалар үлгілері
1.	Инженерлік жобалау тапсырмалары	1. «Ақылды үй» (Smart Home) моделін құрастыру (датчиктер мен алгоритмдерді пайдалану) 2. Энергияны үнемдейтін құрылғының прототипін әзірлеу 3. Робототехника элементтері арқылы автоматтандырылған жүйе жасау Білім алушыларға нақты өмірлік мәселелерді шешуге бағытталған жобалар ұсынылды	Тапсырма 1: Берілген мәселе бойынша (мысалы, мектептегі энергия шығынын азайту) алгоритм құрып, оның бағдарламалық моделін жасаңыз.
2.	Есептеу ойлауын дамытуға арналған тапсырмалар	1. Алгоритм құру (flowchart, псевдокод) 2. Қарапайым бағдарламалау (мысалы, Python немесе Scratch негізінде) 3. Мәселені декомпозициялау (күрделі тапсырманы бөліктерге бөлу) 4. Үлгілеу және симуляция (PhET, GeoGebra құралдары арқылы)	Тапсырма 2: Figma платформасында арналған мобильді қосымшаның интерфейсін жобалаңыз.
3.	AI элементтерін қолдану тапсырмалары	1. Қарапайым машиналық оқыту модельдерін пайдалану (мысалы, Teachable Machine) 2. Деректерді жіктеу және болжау тапсырмалары 3. ChatGPT немесе басқа AI құралдарын пайдаланып есеп шығару және талдау 4. Бейнелер мен мәтіндерді тану бойынша шағын жобалар	Тапсырма 3: Teachable Machine арқылы объектіні танитын AI моделін жасап, оның жұмысын тестілеңіз.
4.	Цифрлық дизайн және прототиптеу (Figma)	1. Оқу қосымшасының интерфейсін жобалау 2. STEM тапсырмаларына арналған интерактивті прототип құру 3. UX/UI элементтерін пайдаланып білім беру өнімін әзірлеу	Тапсырма 4: Робот немесе автоматтандырылған жүйенің жұмыс істеу логикасын құрастырып, прототипін ұсыныңыз.
5.	Топтық және пәнаралық тапсырмалар	1. STEM+AI жобаларын топта орындау 2. Әртүрлі пәндерді (математика, информатика, физика) біріктіру 3. Нәтижені презентациялау және қорғау	Тапсырма 5: Берілген деректер жиыны бойынша (мысалы, температура өзгерісі) график құрып, болжау жасаңыз.

Бұл өз кезегінде зерттеу нәтижелерінде анықталған логикалық ойлау, модельдеу және есептеу дағдыларының жоғары деңгейде қалыптасуын тәжірибелік тұрғыда дәлелдейді.

Зерттеу нәтижелері STEM негізінде ұйымдастырылған оқу үдерісінің білім алушылардың инженерлік және есептеу ойлау деңгейіне оң әсерін көрсетеді. Көп таңдаулы тесттер мен CTS сауалнамасы нәтижелерін талдау білім алушылардың логикалық ойлау, алгоритмдеу, мәселені құрылымдау және модельдеу дағдыларының орташа және жоғары деңгейде қалыптасқанын анықтады. Сурет 2-де білім алушылардың инженерлік және есептеу ойлау деңгейінің орташа

көрсеткіштері берілген. Диаграмма нәтижелері есептеу ойлаудың барлық компоненттері бойынша оң динамиканың байқалатынын көрсетеді. Әсіресе алгоритмдік ойлау мен мәселені құрылымдау көрсеткіштері жоғары мәнге ие болды, бұл STEM тапсырмаларының практикалық және жобалық сипатының тиімділігін дәлелдейді.

Білім алушылардың инженерлік және есептеу ойлау деңгейі



Сурет 2. Білім алушылардың инженерлік және есептеу ойлау деңгейінің орташа көрсеткіштері

CTS сауалнамасының нәтижелері Item Response Theory (IRT) әдісі арқылы өңделді. Талдау нәтижесінде тапсырмалардың көпшілігі орташа және жоғары дискриминациялық қабілетке ие екені анықталды. Бұл CTS шкаласының инженерлік және есептеу ойлауды өлшеудегі сенімді құрал екенін көрсетеді. Кесте 2-де CTS тапсырмаларының күрделілік (b) және дискриминация (a) параметрлері ұсынылған. Кестеден көрініп тұрғандай, тапсырмалар білім алушылардың ойлау деңгейін дифференциациялауға мүмкіндік береді және өлшеу дәлдігі жоғары.

Кесте 2. CTS тапсырмаларының IRT параметрлері

Тапсырма	Дискриминация (a)	Күрделілік (b)
CTS-1 (Логикалық ойлау)	1.21	-0.35
CTS-2 (Алгоритмдеу)	1.34	-0.10
CTS-3 (Абстракция)	1.18	0.25
CTS-4 (Жалпылау)	1.41	0.40
CTS-5 (Мәселені құрылымдау)	1.29	0.15

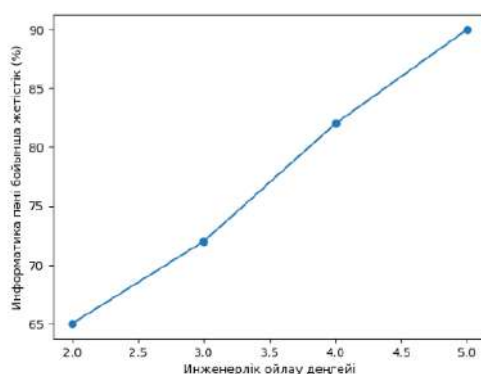
Зерттеуге жалпы саны 170 респондент қатысты, олардың 120-сы - жалпы білім беретін мектептердің білім алушылары, ал 50-і - М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің Информатика кафедрасының студенттері (кесте 3).

Кесте 3. Зерттеуге қатысушылар

Қатысушылар тобы	Оқу орны	Саны
Мектеп білім алушылары	Шымкент қаласындағы IT бағытындағы мектептер, №4 Сарағаш «Дарын» мектебі, А.С. Пушкин атындағы №1 мектебі	120
Университет студенттері	М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Информатика кафедрасы	50
Барлығы		170

Регрессиялық талдау нәтижелері инженерлік және есептеу ойлаудың білім алушылардың академиялық жетістіктерімен статистикалық мәнді байланыста екенін көрсетті. Атап айтқанда, инженерлік ойлау көрсеткіштері алгебра және информатика пәндері бойынша жетістіктерді болжаушы фактор ретінде анықталды. Инженерлік ойлау деңгейі мен информатика пәні бойынша академиялық жетістіктер арасындағы өзара байланысты көрсетеді. Графиктен инженерлік ойлау деңгейі артқан сайын білім алушылардың пәндік жетістіктерінің де өсу үрдісі байқалады. Бұл нәтиже инженерлік ойлаудың пәндік білімді терең меңгеруге ықпал ететін маңызды фактор екенін дәлелдейді. Инженерлік ойлау мен пәндік жетістіктер арасындағы оң корреляция сурет 3-де көрініс тапты.

Академиялық үлгерім



Сурет 3. Инженерлік ойлау мен информатика пәні жетістіктері арасындағы байланыс

Зерттеу нәтижелері білім алушылардың инженерлік және есептеу ойлау дағдыларының қалыптасу деңгейі оқу жетістіктерімен және пәндік даярлықпен тығыз байланысты екенін көрсетті. Сурет 1-де ұсынылған деректерге сәйкес, инженерлік және есептеу ойлау деңгейлерінің орташа көрсеткіштері мектеп білім алушылары мен университет студенттері арасында айқын айырмашылықтарға ие. Атап айтқанда, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің информатика кафедрасының студенттері инженерлік ойлау компоненттері (мәселені талдау, шешімдерді жобалау, алгоритмдік ойлау) бойынша жоғары нәтижелер көрсеткен. Бұл жағдай олардың кәсіби бағытталған оқу мазмұны мен жүйелі практикалық тапсырмаларды орындау тәжірибесімен түсіндіріледі. CTS тапсырмаларына жүргізілген IRT талдауы (кесте 1) өлшеу құралдарының сенімділігі мен валидтілігін растады. Тапсырмалардың дискриминациялық параметрлері инженерлік және есептеу ойлау деңгейі әртүрлі білім алушыларды ажыратуда жеткілікті тиімді екенін көрсетті. Сонымен қатар, қиындық параметрлерінің бірқалыпты таралуы осы сауалнаманың білім алушылардың ойлау дағдыларының кең спектрін қамтитынын дәлелдейді. Бұл алынған нәтижелерді әрі қарай статистикалық талдауда қолдануға мүмкіндік береді.

Сурет 2-де инженерлік ойлау деңгейі мен информатика пәні бойынша оқу жетістіктері арасындағы өзара байланыс нәтижелері көрсетілген. Корреляциялық және регрессиялық талдау инженерлік ойлау көрсеткіштерінің информатика пәніндегі жетістіктерді болжаушы маңызды факторлардың бірі екенін айқындады. Инженерлік ойлаудың жоғары деңгейі есептерді құрылымдау, алгоритм құру және бағдарламалау тапсырмаларын орындау сапасының артуымен тікелей байланысты екені байқалды. Бұл нәтиже инженерлік ойлауды дамытуға бағытталған тапсырмалардың информатика пәнінің мазмұнын күшейтуге ықпал ететінін дәлелдейді. Жалпы алғанда, алынған нәтижелер STEM-білім беру аясында инженерлік және есептеу ойлауды жүйелі түрде дамыту білім алушылардың академиялық жетістіктерін арттырудың тиімді тетігі екенін көрсетеді. Зерттеу қорытындылары инженерлік бағыттағы тапсырмалар мен есептеу ойлауға негізделген оқу стратегияларын мектеп пен жоғары оқу орындарының оқу үдерісіне енгізудің өзектілігін негіздейді.

Дискуссия

Осы зерттеу нәтижелері инженерлік және есептеу ойлауды дамыту білім алушылардың академиялық жетістіктерімен тығыз байланыста екенін көрсетеді және бұл тұжырым халықаралық ғылыми зерттеулердің негізгі қорытындыларымен үйлеседі. Атап айтқанда, алынған деректер инженерлік ойлау деңгейінің информатика пәні бойынша жетістіктерді болжаушы маңызды фактор екенін айқындады, бұл есептеу ойлау мен пәндік үлгерім арасындағы өзара байланысты анықтаған бірқатар шетелдік зерттеулермен сәйкес келеді.

Мысалы, Wing (2006) есептеу ойлауды тек бағдарламалау дағдысы ретінде емес, күрделі мәселелерді құрылымдау, абстракциялау және алгоритмдік шешімдер қабылдау қабілеті ретінде қарастырады [9]. Біздің зерттеуде алынған нәтижелер де инженерлік ойлаудың дәл осы компоненттері информатика пәніндегі тапсырмаларды тиімді орындауға ықпал ететінін көрсетті. Бұл жағдай есептеу ойлау дағдыларының әмбебап сипатын және олардың түрлі білім беру деңгейлерінде қолданылу мүмкіндігін растайды.

Сонымен қатар, Dym et al. (2005) және Atman et al. (2007) инженерлік ойлаудың негізгі ерекшелігі ретінде жобалау үдерісінің итеративтілігін, мәселені анықтау мен шешімдерді бағалау арасындағы өзара байланысты атап өтеді [5]. Біздің зерттеу барысында университет студенттерінің инженерлік ойлау көрсеткіштерінің жоғары болуы дәл осы факторлармен түсіндіріледі, себебі жоғары оқу орнында білім алушылар күрделі, көпқадамды инженерлік және бағдарламалау тапсырмаларымен жүйелі түрде жұмыс істейді. Бұл халықаралық зерттеулерде көрсетілген инженерлік ойлаудың даму заңдылықтарымен толық сәйкес келеді.

CTS тапсырмаларына жүргізілген IRT талдауы нәтижелерінің сенімділігі Kolodner et al. (2003) және Jonassen (2011) еңбектерінде сипатталған конструктивтік және проблемалық оқытуға негізделген бағалау модельдерімен үйлеседі. Халықаралық тәжірибеде есептеу және инженерлік ойлауды өлшеуде дәл осындай көп деңгейлі, когнитивтік күрделілігі әртүрлі тапсырмалар қолданылатыны белгілі. Біздің зерттеуде қолданылған CTS сауалнамасының параметрлері осы талаптарға сай келетінін көрсетті. Сонымен бірге, алынған нәтижелер Lucas et al. (2014) ұсынған инженерлік ойлауды дамыту моделін эмпирикалық тұрғыда қолдайды. Аталған модельде инженерлік ойлау рефлексия, жүйелік ойлау және тәжірибеге негізделген оқыту арқылы қалыптасатыны көрсетілген. Зерттеу нәтижелері инженерлік тапсырмаларға жүйелі түрде тартылған білім алушылардың есептеу ойлау деңгейінің де жоғары болатынын дәлелдеді, бұл модельдің тәжірибелік маңызын айқындайды. Зерттеу нәтижелері халықаралық ғылыми қауымдастықта қалыптасқан тұжырымдарды қазақстандық білім беру кеңістігінде эмпирикалық деректер арқылы толықтырады. Инженерлік және есептеу ойлауды дамытуға бағытталған STEM-тәсілдердің мектеп пен жоғары оқу орындарында оқу жетістіктерін арттыруға ықпал ететіні туралы халықаралық тұжырымдар осы зерттеуде алынған нәтижелермен расталды. Бұл зерттеу қорытындылары болашақта инженерлік ойлауды бағалау құралдарын жетілдіруге және STEM-негізделген оқу бағдарламаларын бейімдеуге ғылыми негіз бола алады.

Қорытынды

Бұл зерттеуде STEM-білім беру аясында инженерлік және есептеу ойлауды дамытудың білім алушылардың оқу жетістіктеріне ықпалы кешенді түрде қарастырылды. Эмпирикалық деректер Қазақстан мектептері мен жоғары оқу орнының (М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті) білім алушылары қатысқан зерттеу негізінде жиналып, сандық талдау әдістері арқылы өңделді. Нәтижелер инженерлік ойлаудың когнитивтік компоненттері мен академиялық жетістіктер арасында мағыналы өзара байланыс бар екенін көрсетті. Зерттеу барысында инженерлік ойлау деңгейі мен информатика пәні бойынша жетістіктер арасында оң корреляция анықталды. Бұл инженерлік ойлаудың күрделі мәселелерді құрылымдау, алгоритмдік ойлау және жүйелік шешім қабылдау сияқты дағдылары білім алушылардың пәндік тапсырмаларды тиімді орындауына тікелей әсер ететінін дәлелдейді. Сонымен қатар, есептеу ойлау тапсырмаларының психометриялық сапасы IRT әдісі арқылы расталып,

қолданылған бағалау құралдарының сенімділігі мен валидтілігі қамтамасыз етілді. Алынған нәтижелер STEM-негізделген оқыту модельдерінің инженерлік ойлауды дамытудағы тиімділігін эмпирикалық тұрғыда негіздейді. Зерттеу деректері инженерлік тапсырмалармен жүйелі жұмыс істейтін білім алушылардың есептеу ойлау көрсеткіштері жоғары болатынын көрсетті, бұл халықаралық зерттеулерде ұсынылған теориялық тұжырымдармен толық сәйкес келеді. Осылайша, зерттеу инженерлік ойлаудың білім беру үдерісіндегі стратегиялық маңызын дәлелдейді.

Зерттеу нәтижелері практикалық тұрғыдан алғанда мектеп пен жоғары оқу орындарында STEM-тәсілдерге негізделген оқу бағдарламаларын жетілдіруге, инженерлік ойлауды бағалау құралдарын бейімдеуге және пәндер арасындағы кіріктірілген тапсырмалар жүйесін дамытуға ғылыми негіз бола алады. Сонымен қатар, алынған қорытындылар педагогтер мен білім беру ұйымдары үшін инженерлік ойлауды мақсатты түрде дамытуға бағытталған әдістемелік ұсыныстар әзірлеуге мүмкіндік береді.

Қорытындылай келе, бұл зерттеу STEM арқылы инженерлік ойлауды дамыту білім алушылардың академиялық жетістіктерін арттырудың тиімді құралы екенін дәлелдеп, қазақстандық білім беру кеңістігінде осы бағыттағы ғылыми зерттеулерді тереңдетуге үлес қосады.

Пайдаланылған дереккөздер тізімі

- [1]Lucas B., Hanson J., Claxton G. *Thinking like an engineer: Implications for the education system*. - Royal Academy of Engineering, 2014. - 44 p.
- [2]Dym C. L. *Engineering design: A synthesis of views*. - Cambridge University Press, 1994. - 214 p.
- [3]National Academy of Engineering (NAE). *The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century*. - National Academies Press, 2004. - 112 p.
- [4]Petroski H. *Invention by design: How engineers get from thought to thing*. - Harvard University Press, 1996. - 256 p.
- [5]Dym C. L., Agogino A. M., Eris O., Frey D. D., Leifer L. J. *Engineering design thinking, teaching, and learning* // *Journal of Engineering Education*. - 2005. - Vol. 94, No. 1. - P. 103–120. doi: 10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x
- [6]Jonassen D. H. *Engineers as problem solvers* // *Cambridge handbook of engineering education research* / Eds. A. Johri, B. M. Olds. - Cambridge University Press, 2014. - P. 103–118.
- [7]Atman C. J., Adams R. S., Cardella M. E., Turns J., Mosborg S., Saleem J. *Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners* // *Journal of Engineering Education*. - 2007. - Vol. 96, No. 4. - P. 359–379.
- [8]Kolodner J. L., Camp P. J., Crismond D., Fasse B., Gray J., Holbrook J., Puntambekar S., Ryan M. *Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom* // *Cognitive Science Quarterly*. - 2003. - Vol. 2, No. 1. - P. 1–40.
- [9]Wing J. M. *Computational thinking* // *Communications of the ACM*. - 2006. - Vol. 49, No. 3. - P. 33–35. doi: 10.1145/1118178.1118215
- [10]Grover S., Pea R. *Computational thinking in K–12: A review of the state of the field* // *Educational Researcher*. - 2013. - Vol. 42, No. 1. - P. 38–43.
- [11]Shute V. J., Sun C., Asbell-Clarke J. *Demystifying computational thinking* // *Educational Research Review*. - 2017. - Vol. 22. - P. 142–158.
- [12]Vygotsky L. S. *Mind in society: The development of higher psychological processes*. - Harvard University Press, 1978. - 176 p.
- [13]Sheppard S. D., Macatangay K., Colby A., Sullivan W. M. *Educating engineers: Designing for the future of the field*. - Jossey-Bass, 2009. - 352 p.
- [14]Embretson S. E., Reise S. P. *Item response theory for psychologists*. - Lawrence Erlbaum Associates, 2000. - 300 p.