ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS

Республикалық ғылыми журнал

SANA LOGOS

Республиканский научный журнал

SANA LOGOS

Republican Scientific Journal

№3 (1) 2026

Алматы, 2026

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

Редакциялық алқа

1. **Prof. Dr. Selamoglu Z. –** Нигде Өмер Халисдемир университетінің Медицина факультетінің Медициналық биология кафедрасы, Нигде, Түркия; Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің Жаратылыстану факультетінің Биология кафедрасы, Түркістан, Қазақстан**.**

2. **Убайдуллаева А.К., б.ғ.к. –** Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан.

3. **Мағзомов Қ.Е. –** Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан.

4. **Сейданов Б.Б. –** Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

Редакционная коллегия

1. **Prof. Dr. Selamoglu Z**. – кафедра медицинской биологии, медицинский факультет, Университет Нигде Өмер Халисдемир, Нигде, Турция; кафедра биологии, факультет естественных наук, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан.

2. **Убайдуллаева А.К., к.б.н.** – Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан.

3. **Мағзомов К.Е.** – Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан.

4. **Сейданов Б.Б**. – Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

Editorial Committee

1. **Prof. Dr. Selamoglu Z**. – Department of Medical Biology, Faculty of Medicine, Nigde Ömer Halisdemir University, Nigde, Türkiye; Department of Biology, Faculty of Sciences, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan.

2. **Ubaidullaeva A.K., Candidate of Biological Sciences** – Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan.

3. **Magzomov K.E**. – Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan.

4. **Seidanov B.B**. – al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

ISSN: 3135-1883

Журнал туралы

SANA LOGOS – жаратылыстану, педагогика, гуманитарлық ғылымдар саласындағы өзекті ғылыми зерттеулерге арналған, рецензияланатын республикалық ғылыми журнал.

Журналдың негізгі мақсаты – ғылыми нәтижелерді кең ғылыми қауымдастыққа тарату, пәнаралық зерттеулерді қолдау және жас ғалымдардың ғылыми әлеуетін дамыту.

SANA LOGOS журналында жарияланатын барлық мақалалар соқыр рецензиялау (peer review) рәсімінен өтеді.

Журнал ашық қолжетімділік (Open Access) қағидатын ұстанады. Жариялану жиілігі: жылына 4 рет (тоқсан сайын). Мақалалар тілі: қазақ, орыс, ағылшын.

"SANA LOGOS" Қазақстан Республикасының «Бұқаралық ақпарат құр-алдары туралы» Заңының 2-тарауы, 10-ба-бына сәйкес ҚР Мәдениет және ақпарат министрлігінің Ақпарат комитетінде есепке алынған.

Тіркеу туралы куәлік: № KZ27VPY001401-93, берілген күні 2026 жылғы 22 қаңтар.

SANA LOGOS is a peer-reviewed national scientific journal devoted to актуal research in the fields of natural, pedagogical, and humanities sciences.

The main aim of the journal is to disseminate current scientific findings, promote interdisciplinary research, and support the academic activities of researchers and early-career scientists.

All manuscripts submitted to SANA LOGOS a peer review process.

The journal follows the principles of Open Access, providing free and unrestricted access to published content.

Periodicity: quarterly (4 issues per year).

Languages: Kazakh, Russian, English.

“SANA LOGOS” is registered with the Information Committee of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan in accordance with Chapter 2, Article 10 of the Law of the Republic of Kazakhstan “On Mass Media”.

Certificate of registration: No. KZ27VPY00140193, issued on January 22, 2026.

SANA LOGOS – рецензируемый республиканский научный журнал, посвящённый актуальным научным исследованиям в области естественных, педагогических и гуманитарных наук.

Цель журнала – распространение актуальных научных результатов, развитие междисциплинарных исследований и поддержка научной деятельности исследователей и молодых ученых.

Все статьи, публикуемые в журнале SANA LOGOS, проходят процедуру слепого рецензирования (peer review).

Журнал придерживается принципов открытого доступа (Open Access).

Периодичность издания: 4 раза в год (ежеквартально).

Языки публикаций: казахский, русский, английский.

«SANA LOGOS» зарегистрирован в Комитете информации Министерства культуры и информации Республики Казахстан в соответствии с главой 2, статьей 10 Закона Республики Казахстан «О средствах массовой информации».

Свидетельство о регистрации:

№ KZ27VPY00140193, выдано 22 января 2026 года.

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

ПЕДАГОГИКА | ПЕДАГОГИКА | PEDAGOGY

ӘОЖ: 378.147 https://doi.org/10.5281/zenodo.23477060

Білім алушылардың зерттеу құзыреттілігін дамытуда IBL әдісінің тиімділігі

М.Ж. Бекжан[1*], В.Н. Есенхан[1]

[1]Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: bekzhan.m@qyzpu.edu.kz

Қабылданған күні: 22.08.2026 | **Қабылданды:** 19.09.2026 | **Жарияланды:** 30.09.2026

Аңдатпа

Мақаланың мақсаты жоғары білім беру жағдайында IBL әдісінің білім алушылардың зерттеу құзыреттілігін дамытудағы тиімділігі туралы ғылыми дәлелдерді жүйелеу болды. Зерттеу құзыреттілігі зерттеу мәселесін тұжырымдау, ақпаратты іздеу және бағалау, гипотеза ұсыну, әдіс пен айнымалыларды таңдау, дерек жинау және талдау, дәлелге негізделген қорытынды жасау, нәтижені ғылыми түрде ұсыну және рефлексия жасау қабілеттерінің кіріктірілген жиынтығы ретінде қарастырылды. Құрылымдалған әдеби шолу 2000–2026 жылдары жарияланған еңбектерге бағытталды; бұған дейінгі іргелі тұжырымдамалық еңбектер қажет болған жағдайда қосылды. Іздеу ағылшын тіліндегі IBL, inquiry learning, undergraduate, higher education, research skills, research competence, scientific inquiry, critical thinking және scaffolding терминдерінің комбинацияларымен жүргізілді. Дереккөздердің сәйкестігі баспа беттері, DOI жазбалары, ERIC және PubMed метадеректері арқылы тексерілді. Синтезге метаталдаулар, жүйелі және ауқымды шолулар, квазиэксперименттік зерттеулер, жоғары білімдегі курстық және зертханалық IBL үлгілері енгізілді. Нәтижелер IBL зерттеудің барлық кезеңдерін оқу тапсырмасына біріктіргенде зерттеу дағдыларына, дәлелді пайымдауға, деректерді түсіндіруге, ғылыми коммуникацияға және зерттеушілік сенімділікке оң ықпал ететінін көрсетті. Алайда әсер автоматты емес: бағыттаушы қолдау, тапсырманың когнитивтік жүктемеге сәйкестігі, бағалау критерийлерінің айқындығы, жеткілікті уақыт және оқытушының кері байланысы шешуші шарттар болып табылады. Толықтай бағыттаусыз ашық ізденіс бастапқы даярлығы төмен студенттерге тиімсіз болуы мүмкін. Сондықтан ЖОО-да құрылымдалған ізденістен бағытталған, кейін ашық ізденіске өтетін сатылы модель ұсынылады. Шолу нәтижелері IBL-ді зерттеу құзыреттілігін дамытудың тиімді құралы деп бағалауға негіз береді, бірақ дәлелдердің бір бөлігі өзіндік есеп пен бір мекемелік дизайндарға сүйенетіндіктен, объективті және ұзақ мерзімді өлшемдер қажет.

Түйін сөздер: *IBL, зерттеуге негізделген оқыту, зерттеу құзыреттілігі, жоғары білім, зерттеу дағдылары, бағыттаушы қолдау, сыни ойлау.*

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА IBL В РАЗВИТИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Аннотация

Целью статьи являлась систематизация научных данных об эффективности метода обучения на основе исследовательского поиска (inquiry-based learning, IBL) в развитии исследовательской компетентности обучающихся в условиях высшего образования. Исследовательская компетентность рассматривалась как интегративная совокупность способностей формулировать исследовательскую проблему, искать и оценивать информацию, выдвигать гипотезы, выбирать методы и переменные, собирать и анализировать данные, формулировать выводы на основе доказательств, представлять результаты в научной форме и осуществлять рефлексию. Структурированный обзор литературы был ориентирован на публикации за 2000–2026 годы; при необходимости также включались более ранние фундаментальные концептуальные работы. Поиск проводился с использованием комбинаций англоязычных терминов IBL, inquiry learning, undergraduate, higher education, research skills, research competence, scientific inquiry, critical thinking и scaffolding. Соответствие источников критериям достоверности проверялось по издательским страницам, записям DOI, а также метаданным ERIC и PubMed. В синтез были включены метаанализы, систематические и скоупинг-обзоры, квазиэкспериментальные исследования, а также модели IBL, реализованные в рамках учебных курсов и лабораторных занятий в высшем образовании. Результаты показали, что IBL положительно влияет на развитие исследовательских навыков, аргументации на основе доказательств, интерпретации данных, научной коммуникации и исследовательской самоэффективности, если все этапы исследования интегрированы в учебные задания. Однако положительный эффект не возникает автоматически: определяющими условиями являются педагогическая поддержка, соответствие заданий когнитивным возможностям обучающихся, прозрачность критериев оценивания, достаточное время и обратная связь преподавателя. Полностью самостоятельный исследовательский поиск без направляющей поддержки может оказаться неэффективным для студентов с недостаточным уровнем начальной подготовки. В связи с этим для организаций высшего образования предлагается поэтапная модель, предусматривающая переход от структурированного исследования к направляемому, а затем к открытому исследовательскому поиску. Результаты обзора позволяют рассматривать IBL как эффективный инструмент развития исследовательской компетентности. Вместе с тем, поскольку часть имеющихся доказательств основана на самоотчётах обучающихся и исследованиях, проведённых в рамках отдельных образовательных учреждений, необходимы дальнейшие исследования с использованием объективных показателей и долгосрочных измерений.

Ключевые слова: *IBL, обучение на основе исследовательского поиска, исследовательская компетентность, высшее образование, исследовательские навыки, педагогическая поддержка, критическое мышление.*

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

THE EFFECTIVENESS OF IBL IN DEVELOPING STUDENTS' RESEARCH COMPETENCE

Abstract

This review examines the effectiveness of IBL for developing research competence among higher education students. Research competence is defined as an integrated capacity to formulate researchable questions, search and evaluate information, generate hypotheses, select methods, collect and analyse data, draw evidence-based conclusions, communicate findings, and reflect on limitations. A structured narrative search focused on publications from 2000 to 2026, supplemented by earlier landmark works when necessary. Search concepts combined inquiry learning, undergraduate or higher education, research skills or competence, scientific inquiry, critical thinking, and scaffolding. Source identity and bibliographic data were checked through publisher pages, DOI records, ERIC, and PubMed. Meta-analyses, systematic and scoping reviews, quasi-experimental studies, and higher education course or laboratory evaluations were synthesized. The evidence indicates that IBL can strengthen research skills, evidence evaluation, data interpretation, scientific communication, and research confidence when authentic inquiry processes are embedded in instruction. Its effects are conditional rather than automatic. Guidance, progressive autonomy, transparent assessment criteria, feedback, adequate time, and alignment with learners' prior knowledge are central. Unguided open inquiry may overload novices. A staged progression from structured to guided and then open inquiry is therefore recommended. The review concludes that IBL is a promising approach to research competence development, while noting that many studies rely on self-report measures, single-institution samples, and short follow-up periods.

Keywords: *IBL, research competence, higher education, research skills, scaffolding, critical thinking.*

1 Кіріспе

Жоғары білімнің нәтижесі студенттің дайын білімді қайта айтуымен ғана емес, ғылыми мәселені анықтап, дәлел жинап, деректерді сын тұрғысынан талдап және негізделген қорытынды ұсына алуымен бағаланады. Осы міндет зерттеу құзыреттілігін кәсіби даярлықтың өзегіне айналдырады. Зерттеу құзыреттілігі жеке әдістер тізбесі емес: ол білім, процедуралық дағды, ғылыми ойлау, академиялық адалдық, коммуникация және өз әрекетін бағалау қабілеттерінің бірлігін білдіреді. Kardash (2000), Willison және O'Regan (2007) еңбектері бакалавриаттағы зерттеу тәжірибесінің нәтижесін мәселе қоюдан бастап деректерді интерпретациялау мен нәтижені ұсынуға дейінгі тұтас әрекет ретінде қарастыру қажеттігін көрсетеді.

Inquiry based learning ұғымы қазақ тіліндегі еңбектерде «зерттеуге негізделген оқыту», «зерттеушілік оқыту» немесе «ізденіске негізделген оқыту» деп беріледі. Бұл мақалада IBL қысқартуы сақталады. IBL білім алушыны дайын қорытындыны қабылдаушы емес, сұрақ құрастырып,

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

ықтимал түсіндірмелер ұсынатын, дерек жинайтын және дәлелдерді талқылайтын субъект ретінде қарастырады. Pedaste және әріптестері (2015) IBL циклін бағдарлану, тұжырымдамалау, зерттеу, қорытынды және талқылау фазаларына біріктірді. Бұл цикл зерттеу құзыреттілігінің операциялық құрылымымен тікелей сәйкеседі (1-сурет).



1-сурет. Зерттеуге негізделген оқыту (IBL) үдерісінің циклдік моделі

IBL тиімділігі жөніндегі пікірталастың негізгі түйіні әдістің атауында емес, студентке берілетін дербестік пен қолдаудың арақатынасында. Бағыттаусыз ашық ізденісті сынаған еңбектер жаңа білім алушының жұмыс жадында шамадан тыс жүктеме туындауы мүмкін екенін көрсетеді (Kirschner et al., 2006). Бұған жауап ретінде Hmelo-Silver және әріптестері (2007) жақсы жобаланған проблемалық және inquiry орталарында scaffolding, фасилитация және дер кезінде түсіндіру қолданылатынын атап өтті. Кейінгі метаталдаулар дәл осы шартты растады: inquiry тиімділігі оқытушының құрылымдауы мен қолдауына тәуелді (Furtak et al., 2012; Lazonder & Harmsen, 2016).

Осы әдеби шолудың мақсаты – жоғары білім жағдайында IBL әдісінің зерттеу құзыреттілігінің құрамдастарына ықпалын бағалау, әсер ету тетіктерін, нәтижеліліктің педагогикалық шарттарын және қолданыстағы дәлелдердің шектеулерін анықтау. Зерттеу сұрақтары: 1) IBL зерттеу құзыреттілігінің қандай компоненттеріне ықпал етеді; 2) қандай дизайндық шарттар әсерді күшейтеді немесе әлсіретеді; 3) дәлелдер базасының негізгі әдіснамалық шектеулері қандай?

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

2 Материалдар және әдістер

Жұмыс жүйелі шолудың кейбір айқындық қағидаларын қолданатын құрылымдалған баяндаулық әдеби шолу ретінде орындалды. Ол толыққанды PRISMA жүйелі шолуы немесе метаталдау ретінде ұсынылмайды, өйткені барлық жазылымдық дерекқорларға тікелей қолжетімділік, екі тәуелсіз рецензентпен скрининг және зерттеу хаттамасын алдын ала тіркеу жүзеге асырылған жоқ. Мұндай жіктеу нәтижелерді асыра түсіндірмеу үшін таңдалды. Синтездің логикасы PICOS емес, PCC элементтеріне жақын құрылды: популяция – ЖОО білім алушылары; негізгі ұғым – IBL арқылы зерттеу құзыреттілігін дамыту; контекст – жоғары білім беру, әсіресе бакалавриаттың зертханалық, жаратылыстану, денсаулық сақтау және пәнаралық курстары.

Іздеу стратегиясы Google Scholar ғылыми іздеу жүйесінде қолдануға болатын кілт сөздер мен логикалық операторлар негізінде құрылды. Сонымен қатар табылған жарияланымдардың библиографиялық мәліметтері баспалардың ресми веб-беттері, DOI (Digital Object Identifier) жазбалары, ERIC білім беру дерекқоры және PubMed ғылыми-медициналық дерекқоры арқылы қайта тексерілді. Тексеру барысында мақаланың атауы, авторлары, жарияланған жылы, журнал атауы, томы, нөмірі, беттері және DOI сәйкестігі назарға алынды. Осыған байланысты әдебиеттер Google Scholar жүйесінен тікелей экспортталған деректер жиынтығы ретінде емес, Google Scholar-да индекстелетін және библиографиялық ақпараты сенімді дереккөздер арқылы расталған ғылыми жарияланымдар ретінде пайдаланылды.

Әдебиеттерді іздеу кезінде зерттеу тақырыбы үш негізгі ұғымдық топқа бөлінді. Бірінші топ IBL әдісін сипаттайтын *inquiry based learning*, *inquiry-based learning* және *guided inquiry* терминдерінен құралды. Екінші топ зерттеудің білім беру деңгейін анықтайтын *undergraduate*, *higher education* және *university* терминдерін қамтыды. Үшінші топ зерттеу құзыреттілігінің негізгі компоненттерін білдіретін *research skills*, *research competence*, *scientific inquiry* және *critical thinking* терминдерінен тұрды. Іздеудің қамту аясын кеңейту және IBL әдісінің жекелеген педагогикалық қырларын анықтау үшін қосымша кілт сөздер пайдаланылды. Олардың қатарына *scaffolding* – білім алушыға кезеңдік педагогикалық қолдау көрсету, *laboratory* – зертханалық оқыту, *evidence evaluation* – ғылыми дәлелдерді бағалау, *data analysis* – деректерді талдау және *research confidence* – зерттеу жүргізуге деген сенімділік терминдері енгізілді.\

Іздеу нәтижесінде анықталған жарияланымдардың тақырыптары мен аңдатпалары алдымен зерттеу мақсатына сәйкестігі бойынша қарастырылды. Мақала IBL әдісін тек жанама түрде атап өткен, бірақ оның мазмұнын, қолданылу жолын немесе нәтижесін талдамаған жағдайда әдеби шолуға енгізілмеді. Негізгі назар жоғары білім беру ұйымдарындағы студенттердің зерттеу сұрағын құрастыруы, ғылыми әдебиетті іздеуі мен бағалауы, гипотеза ұсынуы, зерттеу әдісін таңдауы, дерек жинауы, нәтижелерді талдауы, дәлелді қорытынды жасауы және

ISSN: 3135-1883

зерттеу нәтижелерін ұсынуы қарастырылған еңбектерге аударылды.

Бастапқы іздеумен қатар кері дәйексөздік іздеу әдісі қолданылды. Бұл әдіс бойынша IBL саласындағы іргелі метаталдаулардың, жүйелі шолулардың және жоғары білімдегі IBL тұжырымдамасын қарастырған негізгі мақалалардың әдебиеттер тізімі тексерілді. Сол тізімдерден зерттеу тақырыбына сәйкес келетін бұрынғы эмпирикалық және теориялық еңбектер анықталды. Әсіресе IBL кезеңдері, оқытушының бағыттаушы қолдауы, құрылымдалған және ашық ізденістің айырмашылығы, студенттердің зерттеу дағдылары мен сыни ойлауын дамыту мәселелеріне арналған жарияланымдарға басымдық берілді.

Осы іздеу және тексеру рәсімдері әдеби шолуға енгізілген дереккөздердің тақырыпқа сәйкестігін және библиографиялық мәліметтерінің дұрыстығын қамтамасыз етуге бағытталды. Дегенмен іздеу барлық жазылымдық ғылыми дерекқорларда толық жүйелі түрде жүргізілмегендіктен, бұл жұмыс формалды жүйелі шолу немесе метаталдау ретінде емес, айқын іздеу өлшемдеріне негізделген құрылымдалған әдеби шолу ретінде қарастырылды.

Әр еңбек бойынша автор, жыл, білім беру деңгейі, пәндік контекст, IBL түрі, салыстыру шарты, өлшенген нәтиже, негізгі қорытынды және шектеу белгіленді. Нәтижелер бес тақырыпқа кодталды: зерттеу сұрағын тұжырымдау; әдістемелік жоспарлау; дерекпен және дәлелмен жұмыс; ғылыми коммуникация мен рефлексия; зерттеушілік өзіндік тиімділік. Сандық нәтижелер тек бастапқы немесе синтездік еңбекте анық берілген жағдайда қолданылды. Дизайны мен өлшемдері едәуір әркелкі болғандықтан жаңа метаталдау жасалмады. Метаталдаулардың дайын әсер көлемдері контекстімен бірге келтірілді, ал өзіндік есеп, оқу өнімі және объективті тест нәтижелері бөлек түсіндірілді.

Дәлелдер зерттеу дизайнына сай сын тұрғысынан қаралды: метаталдауларда іріктеу мен гетерогендік; квазиэксперименттерде бастапқы теңдік пен салыстыру тобы; курстық бағалауларда бір мекемелік іріктеу, оқытушы әсері және валидті өлшемдердің болуы; сапалық зерттеулерде контекст пен интерпретацияның негізділігі ескерілді. Формалды әмбебап сапа балы берілген жоқ, өйткені әртүрлі дизайндарды бір санға біріктіру жаңсақтық туғызады. Әдебиеттердің басым бөлігі ағылшын тілінде және STEM немесе денсаулық сақтау салаларында жарияланғаны сыртқы валидтілікті шектейді.

3 Нәтижелер

3.1 IBL мен зерттеу құзыреттілігінің құрылымдық сәйкестігі

IBL циклі зерттеушінің шынайы әрекетін оқу масштабына көшіреді. Бағдарлану кезеңінде студент проблеманың мәнін анықтайды; тұжырымдамалау кезеңінде сұрақ пен гипотеза құрады; зерттеу кезеңінде әдіс таңдап, дерек жинайды және талдайды; қорытынды кезеңінде дәлел мен тұжырымның сәйкестігін тексереді; талқылауда нәтиже ұсынады және шектеулерге рефлексия жасайды (Pedaste et al., 2015). Сондықтан IBL зерттеу әдістері туралы декларативті білімді ғана емес, оны қолдану жағдайын үйретуге мүмкіндік береді

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

1-кесте. IBL кезеңдері мен зерттеу құзыреттілігі компоненттерінің сәйкестігі

IBL кезеңі	Студент әрекеті	Зерттеу құзыреттілігі	Бағалау өнімі
Бағдарлану	Проблемалық жағдайды түсіну	Мәселені шектеу, өзектілікті негіздеу	Проблема картасы
Тұжырымдамалау	Сұрақ және гипотеза ұсыну	Зерттелетін сұрақ, айнымалылар, болжам	Зерттеу сұрағы мен гипотеза
Зерттеу	Әдіс таңдау, дерек жинау	Дизайн, өлшеу, дерек сапасы	Хаттама және деректер жиыны
Қорытынды	Деректі интерпретациялау	Дәлелдің жеткіліктілігі, балама түсіндіру	Нәтиже және қорытынды
Талқылау	Коммуникация және рефлексия	Ғылыми жазу, шектеу, этика, түзету	Есеп, постер, ауызша қорғау

3.2 Жалпы тиімділік және бағыттаудың рөлі

Жалпы білім нәтижелеріне арналған ірі синтездер IBL-дің оң әлеуетін көрсетеді. Minner және әріптестері (2010) 138 зерттеуді талдап, білім алушыны ғылыми зерттеуге және деректерден қорытынды жасауға белсенді тартатын тәсілдер тұжырымдамалық түсінуді жиі жақсартатынын анықтады. Furtak және әріптестерінің (2012) 37 эксперименттік және квазиэксперименттік зерттеуді қамтыған метаталдауында орташа әсер көлемі 0,50 болды. Авторлар эпистемалық әрекеттерге мән берген және оқытушы бағыттаған жағдайлар неғұрлым тиімді болғанын көрсетті. Бұл нәтижелердің көбі мектеп контексінен алынғандықтан, ЖОО-ға тікелей көшірілмеуі тиіс; дегенмен олар IBL-дің әсері тек «еркіндікке» емес, ғылыми пайымдауды ұйымдастыру сапасына байланысты екенін дәлелдейді.

Lazonder және Harmsen (2016) 72 зерттеуді біріктіріп, бағыттаудың оқу әрекеттеріне d = 0,66, тапсырманы орындау табысына d = 0,71 және оқу нәтижелеріне d = 0,50 деңгейіндегі оң ықпалын хабарлады. Бұл метаталдау зерттеу құзыреттілігін қалыптастыруда студентке жауапты тікелей беруден гөрі, процесті басқаруға көмектесетін сұрақтар, эвристика, түсіндіру, үлгі, бақылау парағы және кері байланыс тиімді екенін көрсетеді. Alfieri және әріптестерінің (2011) басқарылатын discovery жөніндегі метаталдауы да қолдау көрсетілген ізденістің бағыттаусыз нұсқадан сенімдірек екенін көрсетті.

3.3 Зерттеу сұрағы, ақпараттық іздеу және әдістемелік жоспарлау

ЖОО студенттері бастапқы курстарда «тақырып» пен тексерілетін зерттеу сұрағын жиі ажырата алмайды. Levy және Petrulis (2012) бірінші курс студенттерінің inquiry мен research туралы түсінігі әркелкі екенін және ашық тапсырма алдында ұғымдық бағдар қажет екенін анықтады. Бағытталған inquiry жобаларында сұрақтың өлшемдері, әдебиетпен байланысы және орындалу мүмкіндігі үлгімен көрсетілгенде студенттердің зерттеу сенімділігі артады. Анатомия студенттеріне арналған guided inquiry жобасында әдебиет іздеу, дереккөзді алу, дәйексөздеу, сұрақ құру және нәтижені хабарлау бойынша өзіндік сенімнің барлық өлшенген көрсеткіші жақсарған (Bentley et al.,

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

2015). Алайда бұл нәтиже негізінен өзіндік есепке сүйенеді, сондықтан нақты өнім сапасымен бірге бағалануы керек.

Willison және O'Regan (2007) ұсынған Research Skill Development шеңбері зерттеу дербестігін жабық тапсырмадан ашық зерттеуге қарай сатылы арттыруды ұсынады. Бұл логика IBL жобалауға пайдалы: бірінші кезеңде оқытушы мәселе мен дерек жиынын береді; келесіде студент әдістер арасынан таңдайды; соңында сұрақ, әдіс және дәлелдеу жолын өзі ұсынады. Мұндай кезеңдеу жаңа бастаушыға процедуралық негіз береді және дайындық артқан сайын шынайы зерттеушілік жауапкершілікті кеңейтеді.

3.4 Деректерді талдау және дәлелді пайымдау

IBL-дің зерттеу құзыреттілігіне ең тікелей ықпалы дерекпен жұмыс барысында байқалады. Inquiry-зертханаларында студент болжамын өлшеу нәтижелерімен салыстырып, ауытқуды қате деп жасырудың орнына оның себептерін түсіндіруге мәжбүр болады. Weaver, Russell және Wink (2008) зерттеуге негізделген зертханалық тәжірибе студенттің зерттеу процесі туралы түсінігін және ғылыми әрекетке қатысуын күшейте алатынын көрсетті. Gormally және әріптестері (2009) inquiry-зертхананың ғылыми сауаттылық дағдыларына, соның ішінде әдебиетті пайдалану мен деректерді интерпретациялауға ықпалын бағалады. Blanchard және әріптестері (2010) бағытталған inquiry мен дәстүрлі verification зертханасын салыстырып, бағытталған форматтың білім мен зерттеушілік пайымдауға қолайлы болатынын көрсетті, бірақ нәтиже мұғалім даярлығы мен іске асыру сапасына тәуелді болды.

Зертханалық есептерді тікелей талдаған зерттеулер маңызды, себебі олар «өзімді жақсы сезіндім» деген қабылдаудан гөрі нақты дәлелді қолдану сапасын өлшейді. Brownell және әріптестерімен сабақтас CURE әдебиеті студенттердің дерек интерпретациясы, белгісіздікпен жұмыс және ғылыми аргументациясын дамыту үшін жаңалығы бар сұрақ, қайталама итерация, ынтымақтастық және нәтижені кеңірек қауымдастықпен бөлісу элементтерін атап көрсетеді (Auchincloss et al., 2014; Corwin et al., 2015). Дегенмен барлық inquiry зертханасы шынайы зерттеу емес: нәтижесі алдын ала белгілі «рецепттік» тәжірибеге тек сұрақ белгісін қосу студенттің әдістемелік шешім қабылдауын өзгертпеуі мүмкін.

3.5 Ғылыми коммуникация, рефлексия және зерттеушілік сәйкестік

Зерттеу құзыреттілігі нәтижені алумен аяқталмайды. Ғылыми есеп, постер, ауызша қорғау және құрдастардың рецензиясы студентті дәлел мен қорытынды арасындағы байланысты ашық көрсетуге итермелейді. Undergraduate research тәжірибелері туралы еңбектер студенттердің ғылыми ойлау, коммуникация, өзіне сенім және зерттеуші ретінде сәйкестенуінде өсім сезінетінін көрсетеді (Seymour et al., 2004; Hunter et al., 2007; Lopatto, 2004). Бұл еңбектердің бір бөлігі IBL-ді жеке интервенция ретінде бөлмейді, бірақ IBL-дің түпкі мақсаты болып саналатын authentic research қатысуының ықтимал нәтижелерін түсіндіреді.

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

Rodríguez және әріптестері (2019) 529 биомедицина және медицина студенті қатысқан ашық, пәнаралық IBL курсын бағалап, зерттеу мен шығармашылық дағдыларын дамыту мүмкіндігін көрсетті. Дегенмен топтар рандомизацияланбаған және кейбір нәтижелер қабылдау сауалнамалары мен оқытушы бағасына сүйенген. Сондықтан бұл зерттеу перспективалы іске асыру үлгісін береді, бірақ себеп-салдарлық әсердің соңғы дәлелі болып саналмайды.

2-кесте. IBL тиімділігін қамтамасыз ететін негізгі шарттар

Шарт	Неліктен маңызды	Практикалық шешім
Сатылы дербестік	Новисте ашық тапсырма когнитивтік жүктемені өсіреді	Құрылымдалған → бағытталған → ашық inquiry
Процестік scaffolding	Студент ғылыми әрекеттің ретін жоғалтуы мүмкін	Сұрақ үлгілері, эвристика, аралық дедлайн, консультация
Айқын бағалау	Тек соңғы дұрыс жауап бағаланса, зерттеу процесі көрінбейді	Рубрикада сұрақ, әдіс, дерек, дәлел, шектеу жеке бағаланысын
Қайталама итерация	Бір реттік тапсырма қателерден үйренуге мүмкіндік бермейді	Пилот, кері байланыс, қайта талдау және түзету
Шынайы проблема	Алдын ала белгілі нәтиже студент шешімін азайтады	Бірнеше жарамды жолы немесе белгісіз нәтижесі бар сұрақ
Ресурс және уақыт	IBL қысқа сабақта үстірт әрекетке айналады	Кітапхана, дерек, зертхана, цифрлық құрал және уақыт бөлу

4 Талқылау

Жинақталған дәлелдер IBL-дің зерттеу құзыреттілігін дамытудағы тиімділігін үш өзара байланысты тетікпен түсіндіреді. Біріншіден, студент ғылыми әрекеттің толық циклін орындайды; осы арқылы әдіс туралы білім контексте қолданылады. Екіншіден, белгісіздік пен бірнеше ықтимал түсіндіру дәлел сапасын бағалауды талап етеді. Үшіншіден, нәтижені құрдастарға немесе оқытушыға ұсыну жасырын ойлау процесін көрінетін ғылыми аргументке айналдырады. Мұндай тәжірибе дәстүрлі дәрісте сирек пайда болады.

Сонымен бірге «IBL тиімді» деген жалпы тұжырым жеткіліксіз. Әсер IBL атауына емес, тапсырманың нақты белгілеріне тәуелді. Егер студент мәселені де, әдісті де, бағалау өлшемін де бірден өзі анықтауға тиіс болса, пәндік білімі аз білім алушы негізгі ғылыми ұғымды үйренудің орнына кездейсоқ іздеумен айналысуы мүмкін. Сондықтан Kirschner және әріптестерінің (2006) сыны толықтай ескерусіз қалмауы тиіс. Бірақ бұл сын барлық inquiry тәсілін жоққа шығармайды; ол бағыттаусыз нұсқаның шегін көрсетеді. Hmelo-Silver және әріптестері (2007), Furtak және әріптестері (2012), Lazonder және Harmsen (2016) дәлелдері тиімді inquiry ортасының құрылымдалған қолдауға сүйенетінін айқындайды.

ЖОО үшін ең негізді модель – дербестікті курс бойымен және білім бағдарламасы деңгейінде арттыру. Бірінші курста оқытушы тақырып пен тексерілген деректі ұсынып, студент сұрақты нақтайды және талдау жасайды. Орта курстарда студент әдісті таңдап, деректі өзі жинайды. Жоғары курста ашық inquiry немесе course-based

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

undergraduate research experience форматында мәселе, әдіс, талдау мен коммуникацияны біріктіреді. Бұл модель Levy және әріптестері (2010), Aditomo және әріптестері (2013) сипаттаған inquiry формаларының пәндік әртүрлілігін сақтайды және Research Skill Development шеңберіндегі дербестік сатыларымен үйлеседі.

Бағалау жүйесі де өзгеруі қажет. Тек соңғы жауап немесе есептің сыртқы рәсімі бағаланса, студент гипотеза сапасын, өлшеу дәлдігін, дерек тазалау шешімдерін және балама түсіндірулерді елемеуі мүмкін. Аналитикалық рубрикада кемінде мәселені негіздеу, сұрақтың зерттелуі, әдістің сәйкестігі, дерек сапасы, талдаудың дұрыстығы, қорытындының дәлелмен байланысы, шектеулер, академиялық адалдық және коммуникация қамтылуы керек. Бір тапсырманың бағасы құзыреттіліктің тұрақты дамуын дәлелдемейтіндіктен, портфолио мен бірнеше кезеңдегі өнімдер пайдалы.

Дәлелдер базасының төрт маңызды шектеуі бар. IBL анықтамалары мен интервенция деңгейлері әркелкі; structured, guided және open inquiry бір санатқа қосылғанда әсердің механизмі жоғалады. Көп зерттеу өзіндік сенім мен қабылдауды өлшейді, ал олар объективті әдістемелік сапамен тең емес. Бір курс немесе бір университет үлгілері және рандомизацияның болмауы себеп-салдарлық қорытындыны әлсіретеді. STEM мен денсаулық сақтау зерттеулері басым; гуманитарлық, әлеуметтік ғылымдар және Орталық Азия ЖОО контексіндегі дәлелдер бұл іздеуде аз анықталды. «Зерттеу жоқ» деудің орнына, осы шолу аясында жергілікті жоғары сапалы салыстырмалы зерттеулер жеткіліксіз табылды деп тұжырымдау дұрысырақ.

5 Қорытынды

IBL жоғары білім алушыларының зерттеу құзыреттілігін дамытуға әлеуеті жоғары әдіс. Оның ең ықтимал нәтижелері – зерттелетін сұрақ құру, дерек пен дәлелді талдау, әдістемелік шешім қабылдау, ғылыми аргументтеу, нәтижені ұсыну және зерттеушілік сенімділік. Дегенмен тиімділік білім алушыны «өз бетімен қалдырудан» туындамайды. Нәтиже бағыттаушы қолдау, біртіндеп артатын дербестік, шынайы зерттеу міндеті, процесті бағалайтын рубрика, қайталама кері байланыс және жеткілікті ресурспен қамтамасыз етілгенде күшейеді.

Практикалық тұрғыдан ЖОО пәндерінде үш сатылы модель ұсынылады: құрылымдалған inquiry арқылы зерттеу логикасын үйрету; бағытталған inquiry арқылы әдіс пен дәлел таңдауды жаттықтыру; ашық inquiry арқылы студенттің толық зерттеу жауапкершілігін қалыптастыру. Болашақ зерттеулер көпмекемелік және ұзақ мерзімді дизайндарды, объективті өнім бағасын, валидті құзыреттілік құралдарын және Қазақстан ЖОО-ларындағы пәндік ерекшеліктерді қамтуы тиіс. Осы шарттар орындалғанда IBL зерттеу әдістері пәнін толықтыратын ғана емес, зерттеушілік ойлау мен әрекетті оқу бағдарламасының күнделікті тәжірибесіне енгізетін педагогикалық жүйе бола алады.

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

Әдебиеттер тізімі

1. Aditomo, A., Goodyear, P., Bliuc, A.-M., & Ellis, R. A. (2013). Inquiry-based learning in higher education: Principal forms, educational objectives, and disciplinary variations. Studies in Higher Education, 38(9), 1239–1258. https://doi.org/10.1080/03075079.2011.616584

2. Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? Journal of Educational Psychology, 103(1), 1–18. https://doi.org/10.1037/a0021017

3. Auchincloss, L. C., Laursen, S. L., Branchaw, J. L., et al. (2014). Assessment of course-based undergraduate research experiences: A meeting report. CBE– Life Sciences Education, 13(1), 29–40. https://doi.org/10.1187/cbe.14-01-0004

4. Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. Science Education, 94(4), 577–616. https://doi.org/10.1002/sce.20390

5. Brew, A. (2003). Teaching and research: New relationships and their implications for inquiry-based teaching and learning in higher education. Higher Education Research & Development, 22(1), 3–18. https://doi.org/10.1080/0729436032000056571

6. Corwin, L. A., Graham, M. J., & Dolan, E. L. (2015). Modeling course-based undergraduate research experiences: An agenda for future research and evaluation. CBE– Life Sciences Education, 14(1), es1. https://doi.org/10.1187/cbe.14-10-0167

7. Bentley, D. C., Robinson, A. C., & Ruscitti, R. J. (2015). Using guided inquiry and the information search process to develop research confidence among first year anatomy students. Anatomical Sciences Education, 8(6), 564–573. https://doi.org/10.1002/ase.1527

8. Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. Review of Educational Research, 82(3), 300–329. https://doi.org/10.3102/0034654312457206

9. Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., & Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 3(2), Article 16. https://doi.org/10.20429/ijsotl.2009.030216

10. Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark. Educational Psychologist, 42(2), 99–107. https://doi.org/10.1080/00461520701263368

11. Hunter, A.-B., Laursen, S. L., & Seymour, E. (2007). Becoming a scientist: The role of undergraduate research in students' cognitive, personal, and professional development. Science Education, 91(1), 36–74. https://doi.org/10.1002/sce.20173

12. Kardash, C. M. (2000). Evaluation of undergraduate research experience: Perceptions of undergraduate interns and their faculty mentors. Journal of Educational Psychology, 92(1), 191–201. https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.1.191

13. Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work. Educational Psychologist, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1

ISSN: 3135-1883

14. Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. Review of Educational Research, 86(3), 681–718. https://doi.org/10.3102/0034654315627366

15. Levy, P., Little, S., McKinney, P., Nibbs, A., & Wood, J. (2010). The Sheffield companion to inquiry-based learning. Centre for Inquiry-based Learning in the Arts and Social Sciences, University of Sheffield.

16. Levy, P., & Petrulis, R. (2012). How do first-year university students experience inquiry and research, and what are the implications for the practice of inquiry-based learning? Studies in Higher Education, 37(1), 85–101. https://doi.org/10.1080/03075079.2010.499166

17. Lopatto, D. (2004). Survey of undergraduate research experiences (SURE): First findings. Cell Biology Education, 3(4), 270–277. https://doi.org/10.1187/cbe.04-07-0045

18. Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction– What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. Journal of Research in Science Teaching, 47(4), 474–496. https://doi.org/10.1002/tea.20347

19. Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., et al. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. Educational Research Review, 14, 47–61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

20. Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. Journal of Engineering Education, 95(2), 123–138. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x

21. Rodríguez, G., Pérez, N., Núñez, G., Baños, J.-E., & Carrió, M. (2019). Developing creative and research skills through an open and interprofessional inquiry-based learning course. BMC Medical Education, 19, 134. https://doi.org/10.1186/s12909-019-1563-5

22. Seymour, E., Hunter, A.-B., Laursen, S. L., & DeAntoni, T. (2004). Establishing the benefits of research experiences for undergraduates in the sciences: First findings from a three-year study. Science Education, 88(4), 493–534. https://doi.org/10.1002/sce.10131

23. Spronken-Smith, R., Bullard, J., Ray, W., Roberts, C., & Keiffer, A. (2008). Where might sand dunes be on Mars? Engaging students through inquiry-based learning in geography. Journal of Geography in Higher Education, 32(1), 71–86. https://doi.org/10.1080/03098260701731520

24. Walker, L., & Warfa, A.-R. M. (2017). Process oriented guided inquiry learning (POGIL®) marginally effects student achievement measures but substantially increases the odds of passing a course. PLOS ONE, 12(10), e0186203. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186203

25. Weaver, G. C., Russell, C. B., & Wink, D. J. (2008). Inquiry-based and research-based laboratory pedagogies in undergraduate science. Nature Chemical Biology, 4(10), 577–580. https://doi.org/10.1038/nchembio1008-577

26. Willison, J., & O'Regan, K. (2007). Commonly known, commonly not known, totally unknown: A framework for students becoming researchers. Higher Education Research & Development, 26(4), 393–409. https://doi.org/10.1080/07294360701658609

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

UDC: 372.881.111.1 https://doi.org/10.5281/zenodo.23477064

Implementing communicative language teaching during a pre-service efl practicum: an action research case study in a kazakhstani secondary school

Z. Serikova[1*]

[1]Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
*email: zarinkaserikova0@gmail.com

Қабылданған күні: 22.07.2026 | **Қабылданды:** 03.09.2026 | **Жарияланды:** 30.09.2026

Abstract

Background and purpose. This article explores the patterns of change in speaking behaviour, classroom engagement, and motivation among ninth-grade EFL learners (N = 26; two parallel classes, 9“B” and 9“V”) when communicative language teaching (CLT) and task-based learning (TBL) were systematically implemented during a seven-month teaching practicum at a secondary gymnasium in Almaty, Kazakhstan. **Materials and methods.** A qualitative practitioner action research design was employed. Data were collected through structured classroom observation, a reflective practicum diary, supervisory feedback records, and learner questionnaires administered at the start and end of the placement. Sources were triangulated to identify convergent patterns of change. **Results.** Convergent evidence across all four data sources indicated consistent positive changes in learners' willingness to engage in spontaneous spoken interaction, sustained target-language use during collaborative tasks, and self-reported speaking confidence. These findings are consistent with those of comparable CLT implementation studies in secondary EFL contexts. **Conclusion.** Sustained and systematically implemented communicative instruction within a pre-service practicum context was associated with meaningful patterns of change in EFL learners' speaking behaviour and motivational engagement at the secondary school level.

Keywords: *action research, communicative language teaching, EFL speaking skills, secondary education, teaching practicum*

ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ОРТА МЕКТЕПТЕ БАСТАПҚЫ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ ПРАКТИКА КЕЗІНДЕГІ КОММУНИКАТИВТІК ТІЛДІ ОҚЫТУДЫ ЕНГІЗУ: ІС-ӘРЕКЕТТІК ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа

Алғышарттар мен мақсат. Мақала педагогикалық практика (қазан–сәуір) кезеңінде коммуникативтік тілдерді оқыту (CLT) және тапсырмаға негізделген оқыту (TBL) әдістерін жүйелі қолдану барысында 9-сынып EFL оқушыларының (N = 26; 9 “Б” және 9 “В”) сөйлеу мінез-құлқындағы, сабаққа қатысуындағы және мотивациясындағы өзгерістердің бақылалған үлгілерін зерттеуге арналған іс-әрекеттік зерттеу. **Материалдар мен әдістер.** Зерттеуде деректерді триангуляциялау тәсілі қолданылған сапалық іс-әрекеттік зерттеу (action research) әдісі пайдаланылды. Деректер оқу үдерісін бақылау, практиканттың рефлексиялық күнделігі, әдіскердің кері байланысы және оқушыларға жүргізілген сауалнама негізінде жинақталды. **Нәтижелер.** Зерттеу нәтижесінде оқушылардың спонтанды ауызша қарым-қатынасқа түсуге дайындығының, топтық коммуникативтік тапсырмалар барысында ағылшын тілін тұрақты қолдануының және коммуникативтік сенімділік деңгейінің біртіндеп артқаны анықталды.

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері педагогикалық практика кезеңінде коммуникативтік оқыту әдістерін жүйелі қолдану жағдайында EFL оқушыларының сөйлеу мінез-құлқы мен оқу үдерісіне қатысуында байқалған өзгерістердің бар екенін көрсетеді.

***Кілт сөздер**: іс-әрекеттік зерттеу; коммуникативтік тілдік оқыту; орта мектеп; педагогикалық практика; сөйлеу дағдылары*

ВНЕДРЕНИЕ КОММУНИКАТИВНОГО МЕТОДА ОБУЧЕНИЯ ЯЗЫКУ В ПЕРИОД ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ В КАЗАХСТАНСКОЙ СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ: ИССЛЕДОВАНИЕ-ДЕЙСТВИЕ

Аннотация

Предпосылки и цель. Статья представляет собой исследование-действие, посвящённое изучению наблюдаемых закономерностей изменений в речевом поведении, вовлечённости в учебный процесс и мотивации учащихся 9-х классов (N = 26; классы 9 «Б» и 9 «В») при систематическом применении коммуникативного метода (CLT) и обучения на основе заданий (TBL) в период педагогической практики (октябрь–апрель). **Материалы и методы.** Применялся метод качественного исследования-действия (action research) с триангуляцией данных. Данные собирались посредством наблюдения за учебным процессом, рефлексивного дневника практиканта, отзывов методиста и анкетирования учащихся. **Результаты.** Зафиксированы устойчивые положительные изменения в готовности учащихся к спонтанному речевому взаимодействию, использовании английского языка в кооперативных заданиях и самооценке коммуникативной уверенности. **Заключение.** Результаты исследования свидетельствуют о наличии наблюдаемых изменений в речевом поведении и учебной вовлечённости EFL-учащихся в условиях систематического применения коммуникативных методов обучения в период педагогической практики.

***Ключевые слова:** исследование-действие, коммуникативное обучение языку, навыки устной речи, педагогическая практика, средняя школа*

1. INTRODUCTION

The development of oral communicative competence among secondary school learners of English as a Foreign Language (EFL) remains a persistent challenge in post-Soviet educational contexts, including Kazakhstan, where systemic reforms have formally endorsed learner-centred and communicative approaches yet classroom practice frequently continues to prioritise grammatical accuracy and written performance over spontaneous spoken interaction (Ghafar et al., 2023). This tension between policy intent and instructional reality is particularly salient during pre-service teaching placements, where student teachers must navigate institutional conventions while attempting to implement evidence-based communicative methodology.

The present study reports on a seven-month practicum placement (October–April) conducted by a fourth-year pre-service EFL teacher in two parallel ninth-grade classes at Gymnasium No. 62 in Almaty. The central research question addressed is: what patterns of change in learners' speaking behaviour, classroom engagement, and self-reported motivation were observed during the sustained implementation of communicative language teaching (CLT) and task-based learning (TBL) practices within a conventional secondary school environment? The study employs a qualitative action research framework, triangulating evidence from four data sources to document and interpret change over the course of the placement.

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

The study contributes to an emerging body of practitioner research that examines the feasibility and outcomes of communicative methodology in contexts where structural constraints – including large class sizes, high-stakes written examinations, and limited instructional autonomy – present significant obstacles to its implementation (Azizah et al., 2023; Negewo et al., 2023).

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Communicative Language Teaching in Secondary EFL Contexts

Communicative language teaching has been widely recognised as an effective framework for developing spoken language competence in EFL settings (Hui & Yunus, 2023). Grounded in the principle that language learning is facilitated through meaningful interaction rather than through the isolated study of formal structures, CLT repositions the learner as an active participant in communicative exchanges and the teacher as a facilitator of interaction rather than the primary source of linguistic input (Fauzi & Ridwan, 2025). Empirical evidence consistently supports the efficacy of CLT in improving speaking skills: Winarno et al. (2025) demonstrated that role-play activities embedded within a CLT framework produced statistically significant gains in speaking ability among Indonesian secondary school students, while Azizah et al. (2023) documented systematic shifts in teacher behaviour and learner participation when CLT principles were implemented in spoken language instruction at the secondary level.

A recurring finding in the literature concerns the role of reduced teacher talking time and increased opportunities for learner-initiated output in promoting fluency development. Ghafar et al. (2023), in a review of CLT implementation studies, identified the creation of low-stakes communicative contexts – in which learners are encouraged to prioritise meaning over grammatical accuracy – as a central mechanism underlying observed improvements in spoken production. This insight informed the instructional design of the present practicum, in which fluency-first feedback protocols were adopted across all communicative task types.

2.2 Task-Based Learning and Learner Engagement

Task-based learning represents a methodologically coherent elaboration of CLT principles, organising instruction around the completion of purposeful communicative tasks graded to learners' developing proficiency (Rampeng et al., 2025). Rampeng et al. (2025) demonstrated that integrated active learning tasks in secondary EFL classrooms produced significant improvements in both speaking proficiency and learning motivation, attributing these gains to the increased sense of communicative purpose afforded by task-based instruction. Similarly, Shalaby and Badr (2024) found that constructivist learning activities – which share key design principles with TBL – substantially enhanced EFL speaking skills among secondary school learners, with effect sizes suggesting that task authenticity and learner agency are particularly powerful drivers of improvement.

The sequencing of tasks from structurally supported formats to progressively more open-ended communicative interaction has been identified as a critical design consideration (Gonfa, 2023). Gonfa's (2023) investigation of cooperative language learning in secondary EFL classrooms found that scaffolded task progressions – in which initial tasks provided clear structural support before requiring more autonomous production – were associated with greater speaking skill development than either unstructured free practice or purely form-focused instruction. This evidence base directly informed the practicum's instructional sequence, which moved from paired information-gap exercises and structured role-plays in the early weeks toward guided debates and open group discussions in the final phase of the placement.

2.3 Motivation, Affective Factors, and Classroom Climate

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

The relationship between affective classroom conditions and EFL speaking development has received substantial empirical attention. Lee et al. (2023) demonstrated that intercultural communicative competence and motivational engagement are mutually reinforcing in online EFL contexts, suggesting that tasks with genuine communicative value – tasks that learners perceive as purposeful and relevant – generate higher levels of intrinsic motivation and sustained participation. This finding resonates with broader theoretical accounts of motivation in language learning, which identify task value and perceived communicative competence as central predictors of engagement and persistence.

Negewo et al. (2023), examining EFL teachers' beliefs and practices in secondary schools in Ethiopia, found a persistent gap between teachers' espoused communicative beliefs and their actual classroom practice, with anxiety about learner error and concern for curriculum coverage identified as primary inhibiting factors. This contextual parallel is relevant to the present study, in which the practicum teacher deliberately adopted fluency-first feedback and error tolerance norms as a mechanism for reducing learner anxiety and creating a classroom climate conducive to spoken risk-taking.

2.4 Reflective Practice and Practicum-Based Research

The value of structured reflective practice as a component of pre-service teacher development is well established in the literature (Farrell, 2015). Mahmud et al. (2023), examining the use of lesson study approaches in senior high school English classrooms, found that systematic collaborative reflection – in which teaching practice was iteratively analysed against observed learner outcomes – produced measurable improvements in students' communicative competence. The present study draws on this reflective tradition, employing a practicum diary and supervisor feedback cycles as both a professional development tool and a primary data source for documenting instructional adjustments and their observed effects.

3. MATERIALS AND METHODS

3.1 Research Design

This study adopts a practitioner action research design within the qualitative tradition of classroom-based inquiry (Farrell, 2015). Action research was selected as the methodological framework because the study's primary aim was not to isolate a single causal variable under controlled experimental conditions, but rather to document, interpret, and iteratively respond to the dynamics of a real classroom as communicative methodology was introduced and sustained across a full academic-year practicum. The cyclical structure of action research – encompassing planning, implementation, observation, and reflection – was operationalised through weekly lesson planning, structured classroom observation, reflective diary entries, and periodic supervisor feedback consultations.

In the absence of standardised pre- and post-test scores, the study relies on structured qualitative evidence triangulated across four data sources, treated as indicative of pedagogical change rather than statistically generalisable findings. This epistemological position is consistent with the interpretivist tradition in practitioner research, which prioritises the richness and contextual specificity of qualitative evidence over the generalisability claims associated with experimental designs (Negewo et al., 2023).

3.2 Research Context and Participants

The study was conducted at Gymnasium No. 62 in Almaty, Kazakhstan, during a compulsory pedagogical practicum placement that ran from October to April. The practitioner – a fourth-year student enrolled in the "Two Foreign Languages" programme at Abai Kazakh National Pedagogical University – was assigned sole instructional responsibility for two parallel ninth-grade EFL classes, designated 9"B" and

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

9“V”, with 13 learners enrolled in each class (total N = 26). The placement was conducted under the joint supervision of the school’s English language subject teacher and a university-appointed methodologist, both of whom conducted periodic lesson observations and provided structured formative feedback.

Both classes operated under the standard Kazakhstani secondary school English curriculum, with learners at an estimated A2–B1 proficiency level on the Common European Framework of Reference (CEFR) scale. The practicum context was characterised by the same structural constraints identified in comparable secondary EFL settings in the region: a grammar-translation instructional tradition, limited target-language use outside formal lessons, and assessment instruments weighted toward written grammatical accuracy.

3.3 Instructional Design

The instructional programme implemented across both classes was designed in accordance with CLT and TBL principles. Each lesson was structured around a three-phase sequence: a pre-task stage introducing relevant lexical or functional language; a task stage requiring genuine communicative engagement through information-gap exercises, structured role-plays, jigsaw activities, group discussions, or guided debates; and a post-task feedback stage in which communicative effectiveness rather than grammatical accuracy was foregrounded. This design reflects the task cycle framework identified in the empirical literature as effective for secondary EFL speaking development (Rampeng et al., 2025; Shalaby & Badr, 2024).

Task types were sequenced from structurally supported formats toward increasingly open-ended communicative activity across the seven-month placement. In the first eight weeks, instruction emphasised paired information-gap exercises and scripted role-plays that provided clear structural scaffolding. From the mid-point of the placement onward, tasks progressively required greater learner autonomy, culminating in unscripted group debates and presentations in the final weeks. The same instructional sequence was applied in both 9“B” and 9“V”, enabling informal cross-class comparison of learner responses.

3.4 Data Collection Instruments

Four qualitative data collection instruments were employed and subsequently triangulated:

1. Structured classroom observation – lesson-by-lesson field notes documenting learner participation rates, patterns of target language use during collaborative tasks, instances of voluntary spoken initiation, and observable shifts in task engagement.

2. Reflective practicum diary – weekly structured written reflections by the practitioner, recording perceived changes in learner confidence and engagement, recurring pedagogical challenges, and specific adjustments made to lesson design in response to observed outcomes.

3. Supervisory feedback records – written and verbal formative evaluations provided by the supervising subject teacher and university methodologist following scheduled lesson observations.

4. Learner questionnaires – brief structured surveys administered at the commencement and conclusion of the practicum, eliciting learners’ self-reported speaking confidence, enjoyment of communicative tasks, and preferences regarding lesson activity types. The learner questionnaire consisted of five closed-ended items addressing: (1) self-reported speaking confidence; (2) willingness to participate in communicative activities; (3) comfort with making mistakes while speaking English; (4) frequency of English use during pair and group work; and (5) enjoyment of communicative classroom tasks.

Triangulation across these four sources was applied as a validity strategy: findings that appeared consistently across independent data sources were accorded greater evidential weight than those identifiable in only one instrument

ISSN: 3135-1883

(Gonfa, 2023). Qualitative data were analysed through thematic coding: observation notes and diary entries were reviewed iteratively to identify recurring patterns, which were then cross-checked against supervisory feedback and questionnaire responses to confirm convergence. The practicum extended from October to April and involved four English lessons per week across two ninth-grade classes. Reflective records were maintained throughout the placement, with twelve structured diary entries selected for analysis due to their completeness and relevance to the research questions. Although learner attendance varied slightly across the practicum period, all 26 participants contributed to at least one stage of the data collection process.

3.5 Ethical Considerations and Researcher Reflexivity

The study was conducted within the framework of a compulsory pedagogical practicum at Gymnasium No. 62 in Almaty, Kazakhstan. The implementation of communicative activities took place during regularly scheduled English language lessons under the supervision of the school's designated practicum mentor and a university-appointed methodologist. As the activities formed part of normal classroom instruction and no sensitive personal data were collected, participation posed no foreseeable risks to learners. All questionnaire responses were collected anonymously and reported in aggregated form to ensure participant confidentiality.

Given the dual role of the practitioner as both teacher and researcher, several measures were taken to mitigate potential confirmation bias. Findings were triangulated across four independent data sources and discussed periodically with the university practicum supervisor and the school mentor. Reflective diary writing was additionally employed to encourage critical self-evaluation throughout the practicum period.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Observed Changes in Learner Speaking Behaviour

Table 1 presents a structured qualitative comparison of four behavioural and attitudinal indicators across the start and end of the practicum in both 9“B” and 9“V”. Given the absence of standardised measurement instruments, the indicators reported reflect convergent evidence drawn from all four data sources rather than scores derived from a single assessment tool.

Table 1. Qualitative indicators of learner change over the practicum period (October–April)

Indicator	Start of practicum (October)	End of practicum (April)
Willingness to speak unprompted	Low – brief, hesitant responses; most learners waited to be called on	Moderate to high – increased voluntary participation; longer spoken turns in pair and group tasks
Use of English during collaborative tasks	Inconsistent – frequent code-switching to Kazakh or Russian	More sustained – English maintained for the duration of most communicative tasks
Self-reported speaking confidence	Predominantly “low” or “medium” on learner questionnaires	Shift toward “medium” and “high” ratings; increased readiness to initiate interaction
Learner agency in communicative tasks	Passive; heavily reliant on teacher scaffolding and prompting	Active and learner-directed; reduced dependence on teacher prompting

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

Classroom observation notes document a progressive increase in learner-initiated spoken contributions across both classes, with the most marked shift occurring from approximately the midpoint of the placement onward. This pattern is consistent with the observation that communicative task familiarity – once learners have internalised the interactional conventions of a given task type – reduces the cognitive and affective load associated with spoken production, thereby releasing attentional resources for communication rather than task management (Rampeng et al., 2025). Early-practicum observation notes were characterised by recurring references to minimal responses, extended wait times, and learner reversion to Kazakh or Russian during paired activities; by the final weeks of the placement, the same observers' notes consistently recorded unprompted contributions, sustained target-language use, and learner-initiated topic extensions during group tasks.

Reflective diary entries corroborate this trajectory, documenting the practitioner's iterative adjustments to task scaffolding in response to observed learner difficulty. In the early phase of the practicum, tasks were progressively restructured to reduce ambiguity and increase structural support following observations that open-ended formats produced learner disengagement rather than communicative risk-taking. This responsive adaptation of task design reflects the reflective practitioner orientation identified by Farrell (2015) and Mahmud et al. (2023) as a central mechanism through which practicum experience translates into improved instructional decision-making.

Illustrative excerpts derived from reflective records and anonymised learner feedback further support these observations. One learner noted, "I feel more comfortable speaking English when working in groups." Reflective diary records from Week 6 indicate that "several learners who had initially avoided voluntary participation began initiating short responses during pair work." Supervisor observation notes additionally documented that "students demonstrated greater willingness to maintain English during collaborative tasks compared to the beginning of the placement."

4.2 Self-Reported Motivation and Confidence

Learner questionnaire data indicate a consistent directional shift in self-reported speaking confidence across both classes. At the commencement of the practicum, the majority of respondents in both 9 "B" and 9 "V" self-reported speaking confidence levels in the "low" or "medium" categories. By the end of the placement, responses in both classes showed a marked redistribution toward "medium" and "high" confidence ratings, with a parallel increase in reported enjoyment of communicative task types relative to grammar-focused activities. These findings align with those of Shalaby and Badr (2024), who documented significant improvements in EFL learners' self-efficacy beliefs following sustained exposure to constructivist communicative learning activities, and with Fauzi and Ridwan's (2025) finding that CLT implementation was associated with increased learner motivation and willingness to communicate in secondary EFL settings.

The relationship between task design and motivational outcomes merits particular attention. The sequential progression from structurally supported to more open-ended communicative formats appears to have been a critical factor in the observed motivational trajectory: learners who initially reported reluctance to engage in spontaneous spoken interaction became progressively more willing to participate as their cumulative experience of successful communicative task completion built self-efficacy (Lee et al., 2023). This pattern is consistent with social cognitive accounts of language learning motivation, in which perceived communicative competence functions

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

as a mediating variable between instructional design and learner engagement.

4.3 Discussion: Implications for CLT Implementation in Secondary EFL Contexts

The convergent pattern of findings across observation, diary, supervisory feedback, and questionnaire data suggests that sustained and systematically implemented communicative instruction is associated with observable changes in learner speaking behaviour and motivational orientation within a single academic-year practicum, even in a context characterised by structural constraints on communicative practice. This conclusion is consistent with the broader empirical literature on CLT effectiveness in secondary EFL settings (Hui & Yunus, 2023; Winarno et al., 2025), while the practicum-specific framing of the study extends that literature by situating the implementation within the particular constraints and affordances of a pre-service teacher placement.

The findings suggest that task sequencing – specifically the progression from scaffolded to autonomous communicative formats – may have contributed to the observed patterns of change. This interpretation is consistent with Gonfa's (2023) conclusions regarding cooperative language learning and with Rampeng et al.'s (2025) evidence on integrated active learning tasks. Taken together, these studies suggest that the design of the task progression, rather than any individual task type, is the primary pedagogical lever available to the communicative practitioner.

The documented role of reflective practice in enabling responsive instructional adjustment represents a further contribution of the present study. The practitioner's systematic use of a reflective diary and supervisor feedback cycles allowed pedagogical decisions to be grounded in observed learner response rather than in pre-specified lesson plans, an approach that Mahmud et al. (2023) and Farrell (2015) identify as central to the development of effective teaching judgement during the practicum period.

4.4 Limitations

Several limitations constrain the interpretive scope of the present findings. The absence of standardised pre- and post-test measures of speaking proficiency means that observed changes cannot be attributed to communicative instruction with quantitative precision; maturation, increased English exposure through other curricular sources, and motivational factors unrelated to instructional design cannot be controlled for in a single-arm qualitative study. The practitioner's concurrent roles as instructor and primary observer introduce a risk of confirmation bias in data interpretation, which the triangulation strategy partially but not fully mitigates. Finally, the findings are grounded in a specific institutional and curricular context and should not be generalised to secondary EFL settings in which structural conditions differ substantially.

5. CONCLUSION

Triangulated qualitative evidence from classroom observation, a reflective practicum diary, supervisory feedback, and learner questionnaires indicates consistent positive changes in learners' willingness to engage in spontaneous spoken interaction, their sustained use of English during collaborative tasks, and their self-reported speaking confidence and motivational engagement.

These findings extend the empirical literature on CLT and TBL effectiveness in secondary EFL contexts (Fauzi & Ridwan, 2025; Rampeng et al., 2025; Winarno et al., 2025) by providing a situated, longitudinal account of communicative methodology implementation within the specific constraints of a pre-service practicum placement. The study suggests that meaningful patterns of change in communicative behaviour were observed within a single practicum cycle in the context of instruction systematically designed around graded task progressions, fluency-first feedback protocols, and reflective adaptation of lesson design.

The implications for teacher education programme design are twofold. First, practicum

ISSN: 3135-1883

placements should be conceptualised not merely as sites for the application of pre-acquired methodological knowledge, but as active learning environments in which reflective practice and instructional experimentation can themselves generate evidence-based pedagogical development. Second, pre-service teachers should receive targeted preparation in the design of graded communicative task sequences and fluency-first feedback approaches prior to placement, in order to maximise the communicative value of their practicum experience for both themselves and their learners. Future research employing mixed-methods designs with standardised speaking assessments would strengthen the evidential basis for the conclusions advanced here.

REFERENCES

Azizah, S. N., Supriyono, Y., & Andriani, A. (2022). Projecting communicative language teaching (CLT) implementation in teaching spoken language at secondary school. *Journal of English Teaching, Applied Linguistics and Literatures (JETALL), 5*(2), 179. https://doi.org/10.20527/jetall.v5i2.12873

Ellis, R. (2003). Task-based language learning and teaching. Oxford University Press.

Farrell, T. S. C. (2015). Promoting teacher reflection in second language education: A framework for TESOL professionals. Routledge.

Fauzi, N. I., & Ridwan. (2025). The impact of communicative language teaching on English speaking skills. Dinasti International Journal of Education Management and Social Science, 6(3). https://doi.org/10.38035/dijemss.v6i3.3819

Ghafar, Z. N., Sawalmeh, M. H., & Mohamedamin, A. A. (2023). Impact of communicative language teaching method on students' speaking and listening skills: A review article. International Journal of Linguistics, Literature and Translation, 6(1), 54–60. https://doi.org/10.32996/ijllt.2023.6.1.8

Gonfa, T. A. (2023). Study on effectiveness of cooperative language learning on improving students' English speaking skills: The case of secondary school grade ten. English Language, Literature & Culture, 8(3), 51–59. https://doi.org/10.11648/j.ellc.20230803.14

Hui, S. M., & Yunus, M. M. (2023). Revisiting communicative language teaching approach in teaching ESL speaking skills. Journal of Language Teaching and Research, 14(6), 1515–1523. https://doi.org/10.17507/jltr.1406.09

Lee, T.-Y., Ho, Y.-C., & Chen, C.-H. (2023). Integrating intercultural communicative competence into an online EFL classroom: An empirical study of a secondary school in Thailand. Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education, 8(4). https://doi.org/10.1186/s40862-022-00174-1

Mahmud, A. F., Umahuk, S., Fudji, S. R., Noh, S. A., Soleman, F., & Gafar, A. (2023). Building students' communication skills in learning English through lesson study at senior high school. JOLLT Journal of Languages and Language Teaching, 11(1), 72–82. https://doi.org/10.33394/jollt.v11i1.6540

Negewo, E. G., Mariam, G. S. W., & Alemu, A. (2023). EFL teachers' beliefs and practices in teaching speaking skills: The case of secondary schools in Ethiopia. Journal of Language and Cultural Education, 11(2). https://doi.org/10.2478/jolace-2023-0013

Shalaby, E., & Badr, S. (2024). Enhancing EFL speaking skills of secondary school students through a constructivist learning activities program. *Port Said Journal of Educational Research, 3*(1), 138–168. https://doi.org/10.21608/psjer.2023.243563.1023

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ | ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ | NATURAL SCIENCES

ӘОЖ: 37.016:57:004 https://doi.org/10.5281/zenodo.23477062

Цифрлық технологияларды пайдалану арқылы биоалуантүрлілікті оқыту әдістемесі

Ә.Ғ. Шардарбек[1], А.К. Артықбай[1*]

[1]Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан
e-mail: aidanaartykbay8@gmail.com

Қабылданған күні: 07.08.2026 | **Қабылданды:** 05.09.2026 | **Жарияланды:** 30.09.2026

Аңдатпа. Мақалада цифрлық технологияларды пайдалану арқылы биоалуантүрлілікті оқыту жөніндегі ғылыми әдебиеттерге шолу жасалды. Мобильді қосымшалар, азаматтық ғылым платформалары, геоақпараттық жүйелер, ашық деректер, виртуалды және кеңейтілген шындықтың дидактикалық мүмкіндіктері талданды. Әдебиеттерді синтездеу цифрлық құралдардың нәтижелілігі олардың жаңалығына емес, далалық бақылау, зерттеушілік тапсырма, деректерді талдау және рефлексиямен педагогикалық тұрғыда байланыстырылуына тәуелді екенін көрсетті.

Түйінді сөздер: *биоалуантүрлілік, цифрлық технология, мобильді оқыту, азаматтық ғылым, iNaturalist, геоақпараттық жүйе, виртуалды экскурсия.*

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье представлен обзор научной литературы по обучению биоразнообразию с использованием цифровых технологий. Рассмотрены дидактические возможности мобильных приложений, платформ гражданской науки, геоинформационных систем, открытых данных, виртуальной и дополненной реальности. Синтез источников показывает, что результативность цифровых средств определяется не их новизной, а педагогической связью с полевым наблюдением, исследовательскими заданиями, анализом данных и рефлексией.

Ключевые слова: *биоразнообразие, цифровые технологии, мобильное обучение, гражданская наука, iNaturalist, геоинформационная система, виртуальная экскурсия.*

METHODS OF TEACHING BIODIVERSITY USING DIGITAL TECHNOLOGIES

Abstract. The article reviews scholarly literature on teaching biodiversity with digital technologies. It considers the didactic potential of mobile applications, citizen-science platforms, geographic information systems, open datasets, virtual reality, and augmented reality. The synthesis indicates that effectiveness depends less on technological novelty than on pedagogical integration with field observation, inquiry tasks, data analysis, and structured reflection.

Keywords: *biodiversity, digital technology, mobile learning, citizen science, iNaturalist, geographic information system, virtual field trip.*

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

1. Кіріспе

Биоалуантүрлілік ұғымы генетикалық, түрлік және экожүйелік деңгейлерді біріктіреді, сондықтан оны тек анықтамалар мен түр атауларын жаттау арқылы меңгерту жеткіліксіз. Білім алушы тірі ағзаларды табиғи ортада бақылап, кеңістіктік таралуын түсіндіріп, экожүйелік байланыстарды талдап және антропогендік әсерді дәлелдер негізінде бағалай алуы қажет. Дегенмен табиғи нысандардың маусымдық қолжетімділігі, далалық сабаққа бөлінетін уақыт, қауіпсіздік пен көлік мәселелері мұндай тәжірибені тұрақты ұйымдастыруды қиындатады. Цифрлық технологиялар осы шектеулердің бір бөлігін азайтып, бақылауды тіркеу, түрді анықтау, координатаны белгілеу, деректерді салыстыру және нәтижені ортақ базаға ұсыну үдерістерін бір оқу цикліне біріктіреді.

Бұл мақаланың мақсаты – Google Scholar ғылыми іздеу жүйесінде индекстелетін рецензияланған еңбектер негізінде биоалуантүрлілікті оқытуда қолданылатын цифрлық құралдардың педагогикалық мүмкіндіктерін, шектеулерін және оларды сабақ құрылымына енгізу қағидаларын жүйелеу. Мақала эмпирикалық зерттеу нәтижесін ұсынбайды; ол тақырыптық әдеби шолу түрінде жазылды. Талдауға биоалуантүрлілік білімімен тікелей байланысты жұмыстар, сондай-ақ азаматтық ғылым, технологиямен қолдаулы далалық оқу, виртуалды экскурсия және кеңейтілген шындық жөніндегі жүйелі шолулар енгізілді. Деректерді баяндауда зерттеу дизайнының шектеулері ескеріліп, технологияның әсері автоматты немесе барлық жағдайда бірдей деп қарастырылмайды.

Цифрлық оқытудың әдістемелік негізі

Әдебиеттер цифрлық құралдың өзінен гөрі, оның оқу әрекетін қалай ұйымдастыратыны маңызды екенін көрсетеді. Мектептегі биоалуантүрлілікті қорғау білімін қарастырған жүйелі шолу бұл саланың мазмұн, оқушы рөлі, оқыту тәсілі және мұғалім тәжірибесі бойынша әлі де бытыраңқы екенін айқындайды [3]. Schaal, Matt және Grübmeyer болашақ жаратылыстану мұғалімдеріне арналған курста мобильді және бірлескен технологияларды зерттеушілік оқумен ұштастырып, дәстүрлі дәріспен салыстырғанда мотивациялық және танымдық артықшылықтарды сипаттаған [11]. Кейінгі жұмыста Eriksson, Kärkkäinen және Tahvanainen геолокация, 360° кескіндер мен онлайн тапсырмалар енгізілген табиғат соқпағын қолданды. 121 студент қатысқан зерттеуде сабақтан кейін түрлік және экожүйелік әртүрлілікті анықтамаға қосқан студенттер үлесі артқанымен, генетикалық әртүрлілік әлсіз меңгерілген; авторлар бақылау тобы болмағандықтан себептік қорытынды жасауға болмайтынын атап өтеді [4]. Бұл нәтиже цифрлық маршруттың барлық мазмұндық деңгейлерді өздігінен қамтымайтынын, тапсырмаларда генетикалық әртүрлілікке арнайы дәлелдер мен модельдер қажет екенін білдіреді.

Технологиямен қолдаулы далалық оқу төрт байланысты әрекеттен тұруы мүмкін: 1) табиғи нысанды тікелей бақылау; 2) фото, дыбыс, координата және уақыт белгісімен цифрлық тіркеу; 3) анықтамалықтармен немесе сарапшылар қауымдастығымен сәйкестендіру; 4) жиналған деректі түсіндіру және қорғау. Осы циклде смартфон «дайын жауап беретін құрылғы» емес, бақылаудың сапасын арттыратын және дәлелді сақтайтын құрал қызметін атқарады. Мұғалім оқушыдан қосымша ұсынған атауды қабылдауды ғана емес, диагностикалық белгілерді атауды, ұқсас түрлерді салыстыруды және анықтаудың сенімділік деңгейін көрсетуін талап етуі керек. Сонда цифрлық анықтау таксономиялық ойлауды алмастырмай, оны қолдайды.

Мобильді қосымшалар және азаматтық ғылым

iNaturalist тәрізді платформалар бақылау, түрді алдын ала анықтау, қауымдастықпен тексеру және ашық дерекке

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

үлес қосу мүмкіндіктерін біріктіреді. Kendall Niemiller, Davis және Niemiller жобалық оқуда iNaturalist қолдану студенттердің биоалуантүрлілікпен пассивті танысуын мағыналы әрі белсенді әрекетке айналдыратынын көрсетеді [7]. Herodotou және әріптестері 7–20 жастағы 31 қатысушымен жүргізілген сұхбаттар негізінде дала мен онлайн ортаны ұштастырған модель ұсынған. Олардың нәтижесінде бақылау, құжаттау, сәйкестендіру және басқа қатысушылармен байланыс ғылыми құзыреттілік пен табиғат туралы түсінікті дамытуға мүмкіндік берген; сонымен қатар технологиялық және әлеуметтік қолдау шешуші рөл атқарған [6]. Табиғат тарихы мұражайларындағы үш бағдарламаға арналған басқа зерттеу де ғылыми мақсат айқын түсіндіріліп, құралды қайталап қолдануға мүмкіндік берілгенде жастардың ғылыми үдерістерге қатысуы тереңдейтінін көрсетті [5]. Бұл деректерді контекст пен іріктеу ерекшеліктерін ескере отырып түсіндіру қажет.

Азаматтық ғылымның білімдік әсері кеңірек әдебиетте де талданған. Bonney және әріптестері қатысушылардың ғылымды түсінуі жоба дизайнына, нәтиженің қалай өлшенетініне және жаңа аудиторияның қатысуына тәуелді екенін көрсетеді [2]. Ballard, Lindell және Jadallah 100 эмпирикалық жұмысты қамтыған жүйелі шолуда білім, зерттеу дағдылары, қауымдастықпен байланыс және қоршаған ортаға қамқорлық сияқты нәтижелер жиі тіркелетінін, бірақ бағалау тәсілдері біркелкі емес екенін анықтаған [1]. McKinley және әріптестері азаматтық ғылымның табиғатты қорғау мен ресурстарды басқаруға нақты үлес қоса алатынын, сонымен бірге дерек сапасы, қатысушыларды оқыту және жобаны ұзақ мерзім сүйемелдеу қажет екенін негіздейді [9].

Сабақта азаматтық ғылымды қолданудың әдістемелік бірлігі «жергілікті биоалуантүрлілік паспорты» болуы мүмкін. Оқушылар мектеп немесе колледж маңындағы учаскені таңдап, бақылау хаттамасын жасайды, кемінде екі мезгілде түрлерді тіркейді, күмәнді анықтауларды белгілейді, кейін деректерді картада және кестеде салыстырады. Қорытындыда олар түр саны туралы ғана емес, бақылау күшінің, маусымның, ауа райының және мекен ортасының нәтижеге ықпалын талдайды. Мұндай тапсырма деректі жай жинаудан оны сын тұрғысынан түсіндіруге өтуді қамтамасыз етеді.

Геоақпараттық жүйелер және ашық биоалуантүрлілік деректері

Геоақпараттық жүйелер биоалуантүрлілікті кеңістіктік құбылыс ретінде түсіндіруге мүмкіндік береді. Картаға бақылау нүктелерін енгізу арқылы оқушылар түрдің таралуын, мекен ортасының бөлшектенуін, су көздеріне немесе жолдарға жақындықты және антропогендік қысымды салыстырады. Styers және әріптестері ашық өсімдік жамылғысы деректеріне негізделген оқу әрекетін алты университет курсында 109 студентпен сынап, биоалуантүрлілік метрикалары, кеңістіктік масштаб және деректерді талдау дағдылары бойынша ілгерілеу анықтаған [13]. Мұндай жұмыс дайын картаны қараудан гөрі, дерек қабатын таңдау, масштабты негіздеу және белгісіздікті түсіндіруді талап етеді.

Ашық деректермен жұмыс істегенде үш әдістемелік сақтық қажет. Біріншіден, картадағы бос орын міндетті түрде түрдің жоқтығын білдірмейді; ол бақылаушының болмауынан немесе маусымдық қолжетімсіздіктен туындауы ықтимал. Екіншіден, географиялық координатасы дәл емес және сараптамадан өтпеген жазбаларды сүзу қажет. Үшіншіден, сирек немесе осал түрлердің нақты орналасуын жариялау қорғау тәуекелін күшейтуі мүмкін. Сондықтан оқушыға дерек сапасы, іріктеу ығысуы, құпиялылық және зерттеу этикасы жөніндегі критерийлер берілуі тиіс. Осылайша цифрлық карта экологиялық мазмұнмен қатар деректер сауаттылығын қалыптастырады.

ISSN: 3135-1883

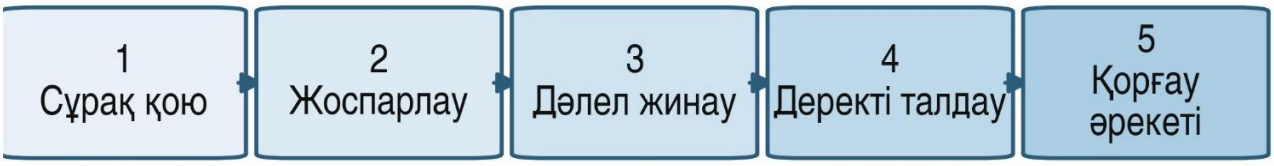
Виртуалды және кеңейтілген шындық

Виртуалды экскурсиялар баруы қиын, қауіпті немесе қымбат аумақтарды оқу ортасына енгізуге көмектеседі. Markowitz және әріптестері иммерсивті виртуалды дала тәжірибесінің климат өзгерісі туралы оқуға ықпалын көрсеткен [8]. Petersen, Klingenberg, Mayer және Makransky жетінші сынып оқушыларымен жүргізген зерттеуде виртуалды экскурсияны зерттеушілік оқудың бір кезеңі ретінде ұйымдастырып, алдын ала даярлау мен қысқаша қорытындылаудың танымдық жүктемені реттеудегі маңызын дәлелдеді [10]. Бұл тұжырым биоалуантүрлілік тақырыбына да қатысты: 360° панорама немесе виртуалды экожүйе нақты оқу сұрағымен, бақылау парағымен және кейінгі талдаумен сүйемелденбесе, әсерлі көрініс білім нәтижесіне айналмауы мүмкін.

Кеңейтілген шындық нақты табиғи нысан үстіне мәтін, үшөлшемді модель немесе уақыт бойынша өзгеріс қабатын орналастыра алады. Simon және әріптестері экологиялық білім берудегі AR жөніндегі 42 зерттеуді қамтыған шолуда бұл бағыттың әлеуетін атап өтіп, мұғалімдердің зерттеулерге аз тартылуы, контекстердің жеткіліксіз әртүрлілігі және оқу нәтижелерін тікелей бағалаудың қажеттілігі сияқты олқылықтарды көрсетеді [12]. Сондықтан AR-ды жапырақ құрылымын, қоректік торды немесе ландшафт өзгерісін визуализациялау үшін қолдануға болады, бірақ оның тиімділігіне қызығушылық деңгейімен ғана емес, ұғымды түсіну, дәлел құру және білімді жаңа жағдайға көшіру өлшемдерімен баға берілуі тиіс.

Сабақты жобалау және бағалау

Әдебиеттер синтезі биоалуантүрлілікті цифрлық технологиялар арқылы оқытудың бес кезеңді моделін ұсынуға мүмкіндік береді. Бірінші кезеңде проблемалық сұрақ қойылады: мысалы, «Мектеп маңындағы өсімдік түрлерінің таралуына тапталу қалай әсер етеді?». Екінші кезеңде бақылау аумағы, іріктеу бірлігі, қауіпсіздік және дерек сапасы критерийлері анықталады. Үшінші кезеңде білім алушылар мобильді құрылғымен дәлел жинайды, бірақ түр атауын бірнеше белгі бойынша тексереді. Төртінші кезеңде деректер карта, диаграмма немесе түр тізімі түрінде талданады. Бесінші кезеңде нәтижелер шектеулерімен бірге түсіндіріліп, жергілікті табиғатты қорғау әрекеті ұсынылады. Бұл модель зерттеушілік, жобалық және орынға негізделген оқуды біріктіреді (1-сурет).



1-сурет. Цифрлық технологиялар арқылы оқытудың бес кезеңді моделі

Бағалау құрал таңдауға емес, оқу мақсатына сәйкестенуі керек. Ұғымдық білім генетикалық, түрлік және экожүйелік әртүрлілікті ажырату тапсырмаларымен; далалық дағды бақылау хаттамасының толықтығы және фото-дәлел сапасымен; деректер сауаттылығы картадағы үлгіні түсіндіру және белгісіздікті көрсету арқылы; табиғатты қорғау құзыреті ұсыныстың дәлелділігі мен орындалу мүмкіндігі арқылы бағаланады. Тек қосымшаға енгізілген бақылау санын жоғары бағалау қате стимул туғызуы мүмкін, сондықтан саннан бұрын дұрыстық, этика және талдау сапасы ескеріледі.

Цифрлық теңсіздік те әдістемелік шешімге кіреді. Барлық білім алушыда бірдей құрылғы, интернет немесе ақылы

ISSN: 3135-1883

бағдарламаларға қолжетімділік болмауы мүмкін. Топтық құрылғылар, алдын ала жүктелген офлайн карталар, қағаз бақылау парақтары және кейін ортақ компьютерде дерек енгізу балама ретінде ұсынылады. Виртуалды орта қозғалыс шектеуі бар білім алушылардың қатысуын кеңейте алады, бірақ интерфейс қолжетімділігі, субтитр, түс контрасты және киберқозғалыс жайсыздығы алдын ала тексерілуі тиіс. Мұғалім дербес деректер мен геолокацияны жариялау келісімін де нақты ұйымдастырады.

2. Талқылау

Қарастырылған зерттеулердің ортақ бағыты – цифрлық технология табиғатпен тікелей қатынасты алмастырған кезде емес, оны бақылау, тіркеу және түсіндіруді күшейткен кезде пайдалы. Мобильді қосымшалар жергілікті түрлерге назар аудартады; азаматтық ғылым оқу әрекетін шынайы ғылыми практикамен байланыстырады; GIS жеке бақылауларды кеңістіктік заңдылыққа айналдырады; виртуалды және кеңейтілген шындық қолжетімсіз үдерістерді бейнелейді. Алайда зерттеулердің бір бөлігі шағын үлгіге, өзіндік есепке немесе бақылау тобы жоқ дизайнға сүйенеді [4; 6]. Сондықтан «цифрлық құрал оқу нәтижесін міндетті түрде жақсартады» деген жалпы тұжырым ғылыми тұрғыдан негізсіз.

Шолудың тағы бір маңызды нәтижесі – мазмұндық теңгерім мәселесі. Қосымшалар көбіне түрді тануға бағытталғандықтан, биоалуантүрліліктің генетикалық және экожүйелік деңгейлері назардан тыс қалуы мүмкін [4]. Мұны толықтыру үшін бір түрдің популяциялары арасындағы өзгергіштікке арналған деректер, мекен ортасы қабаттары және экожүйелік қызметтер жөніндегі тапсырмалар қосылуы қажет. Сонымен қатар алгоритм ұсынған анықтау нәтижесіне күмән келтіру, бастапқы дереккөзді тексеру және жалған немесе қате мазмұнды ажырату цифрлық ғылыми сауаттылықтың бөлігі болуы тиіс.

Қазақстан жағдайында әдістемені дала, шөлейт, сулы-батпақты және қалалық экожүйелерге бейімдеуге болады. Болашағы бар бағыттар: мектеп пен ЖОО айналасындағы маусымдық биоблиц, ерекше қорғалатын аумақтарға виртуалды маршрут, жергілікті түрлердің қазақша–орысша–латынша атауларын салыстыратын цифрлық анықтағыш және ашық деректер негізіндегі таралу карталары. Дегенмен жергілікті тиімділік халықаралық әдебиеттен автоматты түрде шығарылмайды. Қазақ тіліндегі интерфейс, байланыс сапасы, мұғалім даярлығы, түр анықтағыштардың аймаққа сәйкестігі және табиғатты қорғау деректерінің қауіпсіздігі жеке бағалануы керек.

3. Қорытынды

Әдеби шолу цифрлық технологиялардың биоалуантүрлілікті оқытуда төрт негізгі міндетті қолдайтынын көрсетті: табиғи нысанды дәл бақылау, далалық деректі стандартталған түрде тіркеу, кеңістіктік және уақыттық заңдылықтарды талдау, сондай-ақ білім алушыны ғылыми және табиғатты қорғау қауымдастығымен байланыстыру. Ең нәтижелі әдіс – мобильді бақылау, азаматтық ғылым, GIS немесе виртуалды орта мүмкіндіктерін проблемалық сұрақпен, зерттеу хаттамасымен, мұғалімнің қолдауымен және рефлексиямен біріктіру. Цифрлық құрал мақсат емес; ол табиғат туралы дәлелді ойлау мен жауапты әрекетті ұйымдастыратын педагогикалық құрал. Сондықтан оқу бағдарламасында технологияны меңгеру көрсеткіші емес, биоалуантүрлілік ұғымын дұрыс түсіну, дерек сапасын бағалау, белгісіздікті мойындау және жергілікті табиғатты қорғауға негізделген шешім ұсыну басты нәтиже болуы тиіс.

ISSN: 3135-1883

Әдебиеттер тізімі

1. Ballard H.L., Lindell A.J., Jadallah C.C. Environmental education outcomes of community and citizen science: a systematic review of empirical research // Environmental Education Research. 2024;30(6). https://doi.org/10.1080/13504622.2024.2348702

2. Bonney R., Phillips T.B., Ballard H.L., Enck J.W. Can citizen science enhance public understanding of science? // Public Understanding of Science. 2016;25(1):2–16. https://doi.org/10.1177/0963662515607406

3. Chappuis C., Stolpe K. Mapping out the didactical landscape of biodiversity conservation education: a systematic literature review of empirical research in school settings // Environmental Education Research. 2026. https://doi.org/10.1080/13504622.2026.2671437

4. Eriksson M., Kärkkäinen S., Tahvanainen V. Technology-mediated outdoor learning for primary school student teachers: Focusing on biodiversity // Journal of Computer Assisted Learning. 2023;39(6):1819–1833. https://doi.org/10.1111/jcal.12841

5. Ghadiri Khanaposhtani M., Ballard H.L., Lorke J., et al. Examining youth participation in ongoing community and citizen science programs in three different out-of-school settings // Environmental Education Research. 2022;28(12):1730–1754.: https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2078480

6. Herodotou C., Ismail N., Benavides Lahnstein A.I., et al. Young people in iNaturalist: a blended learning framework for biodiversity monitoring // International Journal of Science Education, Part B. 2024;14(2):129–156. https://doi.org/10.1080/21548455.2023.2217472

7. Kendall Niemiller K.D., Davis M.A., Niemiller M.L. Addressing “biodiversity naivety” through project-based learning using iNaturalist // Journal for Nature Conservation. 2021;64:126070. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126070

8. Markowitz D.M., Laha R., Perone B.P., Pea R.D., Bailenson J.N. Immersive virtual reality field trips facilitate learning about climate change // Frontiers in Psychology. 2018;9:2364. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126070

9. McKinley D.C., Miller-Rushing A.J., Ballard H.L., et al. Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection // Biological Conservation. 2017;208:15–28. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.015

10. Petersen G.B., Klingenberg S., Mayer R.E., Makransky G. The virtual field trip: Investigating how to optimize immersive virtual learning in climate change education // British Journal of Educational Technology. 2020;51(6):2098–2114.https://doi.org/10.1111/bjet.12991

11. Schaal S., Matt M., Grübmeyer S. Mobile learning and biodiversity – Bridging the gap between outdoor and inquiry learning in pre-service science teacher education // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2012;46:2327–2333. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.479

12. Simon P.D., Zhong Y., Dela Cruz I.C., Fryer L.K. Scoping review of research on augmented reality in environmental education // Journal of Science Education and Technology. 2025;34:919–935. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10218-z

13. Styers D.M., Moskal L.M., Halabisky M., et al. Developing a flexible learning activity on biodiversity and spatial scale concepts using open-access vegetation datasets from the National Ecological Observatory Network // Ecology and Evolution. 2021;11(9):3660–3671. https://doi.org/10.1002/ece3.7385

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

ӘОЖ: 57:004.8 https://doi.org/10.5281/zenodo.23477058

Биологиялық зерттеулердегі жасанды интеллект және цифрлық әдістер

Ж.Ж. Рысбекова[1*], М.Н. Мәулен[1]

[1]Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан
e-mail: rysbekova.zhanel2026@ayu.edu.kz

Қабылданған күні: 18.07.2026 | **Қабылданды:** 16.09.2026 | **Жарияланды:** 30.09.2026

Аңдатпа. Биологияда жоғары өнімді секвенирлеу, біржасушалық омика, сандық микроскопия, қашықтан зондтау және автоматтандырылған сенсорлар зерттеу деректерінің көлемі мен күрделілігін күрт арттырды. Осы әдеби шолудың мақсаты – жасанды интеллект пен цифрлық әдістердің биологиялық зерттеулердегі негізгі қолданылу бағыттарын, олардың ғылыми мүмкіндіктерін және сенімді қолдану шарттарын жүйелеу. Рецензияланған еңбектерді тақырыптық синтездеу нәтижесінде жасанды интеллект геномдық варианттарды анықтау, жасушаларды сегменттеу, ақуыз құрылымын болжау, біржасушалық деректерді интеграциялау, жаңа молекулаларды іріктеу, биоалуантүрлілікті мониторингтеу және зертханалық циклдерді автоматтандыруда елеулі нәтиже беретіні көрсетілді. Сонымен қатар жоғары болжамдық көрсеткіш биологиялық механизмнің дәлелденгенін білдірмейді: дерек ағуы, таңдаманың ығысуы, домендер арасындағы айырмашылық, түсіндірмеліліктің шектеулілігі және код пен модельдердің жабықтығы нәтижелерді жалпылауға кедергі келтіреді. Әдебиеттер синтезі жасанды интеллектіні биологті алмастыратын құрал емес, дерек сапасы, сыртқы валидация, пәндік сараптама және қайталанымдылық стандарттарымен басқарылатын зерттеу инфрақұрылымы ретінде қарастыру қажет екенін айқындайды.

Түйін сөздер: *жасанды интеллект, машиналық оқыту, терең оқыту, биоинформатика, геномика, сандық микроскопия, биоалуантүрлілік мониторингі, зертханалық автоматтандыру*

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Аннотация. Высокопроизводительное секвенирование, одноклеточная омика, цифровая микроскопия, дистанционное зондирование и автоматизированные сенсоры привели к резкому увеличению объёма и сложности исследовательских данных в биологии. Цель данного обзора литературы – систематизировать основные направления применения искусственного интеллекта и цифровых методов в биологических исследованиях, их научные возможности и условия надёжного использования. В результате тематического синтеза рецензируемых научных публикаций показано, что искусственный интеллект обеспечивает значимые результаты при выявлении геномных вариантов, сегментации клеток, прогнозировании структуры белков, интеграции одноклеточных данных, скрининге новых молекул, мониторинге биоразнообразия и автоматизации лабораторных циклов. Вместе с тем высокие показатели прогнозирования не означают, что биологический механизм доказан: утечка данных, смещение выборки, различия между доменами, ограниченная интерпретируемость, а также закрытость кода и моделей препятствуют обобщению результатов. Синтез литературы показывает, что искусственный интеллект следует рассматривать не как инструмент замены биолога, а как исследовательскую инфраструктуру,

ISSN: 3135-1883

функционирующую на основе контроля качества данных, внешней валидации, экспертной оценки в предметной области и соблюдения стандартов воспроизводимости.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое обучение, биоинформатика, геномика, цифровая микроскопия, мониторинг биоразнообразия, лабораторная автоматизация.*

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITAL METHODS IN BIOLOGICAL RESEARCH

Abstract. High-throughput sequencing, single-cell omics, digital microscopy, remote sensing, and automated sensors have dramatically increased the volume and complexity of data generated in biological research. This literature review aims to systematize the main applications of artificial intelligence and digital methods in biological research, their scientific potential, and the conditions required for their reliable use. A thematic synthesis of peer-reviewed studies demonstrates that artificial intelligence delivers significant results in genomic variant detection, cell segmentation, protein structure prediction, single-cell data integration, screening of novel molecules, biodiversity monitoring, and laboratory workflow automation. However, high predictive performance does not establish that a biological mechanism has been proven: data leakage, sampling bias, domain shifts, limited interpretability, and the lack of transparency of code and models hinder the generalizability of results. The literature synthesis indicates that artificial intelligence should be regarded not as a tool for replacing biologists, but as a research infrastructure governed by data quality control, external validation, domain expertise, and reproducibility standards.

Keywords: *artificial intelligence, machine learning, deep learning, bioinformatics, genomics, digital microscopy, biodiversity monitoring, laboratory automation.*

Кіріспе

Қазіргі биологиялық зерттеу тек зертханалық бақылаумен шектелмейді. Геномдық секвенирлеу платформалары миллиардтаған нуклеотидтік оқылымдарды, микроскоптар мыңдаған кескіндерді, ал камера-тұзақтар, дрондар және акустикалық сенсорлар үздіксіз экологиялық деректерді өндіреді. Мұндай массивтерді дәстүрлі қолмен талдау баяу әрі субъективті болуы мүмкін. Сондықтан цифрлық деректерді сақтау, өңдеу және бөлісу технологиялары мен жасанды интеллект әдістері биологияның зерттеу логикасына біртіндеп енді. Терең оқыту күрделі бейне, реттілік және сигнал деректерінен пайдалы белгілерді автоматты түрде үйренуге мүмкіндік берсе, классикалық машиналық оқыту салыстырмалы түрде шағын, құрылымдалған деректерде әлі де маңызды орын алады (LeCun et al., 2015; Greener et al., 2022).

Жасанды интеллект ұғымы бұл шолуда машиналық оқыту, терең нейрондық желілер, генеративті модельдер және экспериментті жоспарлауға көмектесетін алгоритмдерді қамтиды. Ал цифрлық әдістерге секвенирлеу, биоинформатикалық құбырлар, сандық бейнелеу, геоақпараттық жүйелер, қашықтан зондтау, сенсорлық мониторинг, бұлттық есептеу, электрондық зертханалық жазбалар және роботтандырылған эксперименттер жатады. Осы екі топ бір-бірінен бөлек емес: цифрлық құралдар стандартталған дерек ағынын жасайды, ал жасанды интеллект сол деректерден жіктеу, болжау, сегменттеу немесе оңтайландыру нәтижесін алады.

Мақаланың мақсаты – биологиялық зерттеулердегі жасанды интеллект пен цифрлық әдістердің жетістіктерін тізбектеу ғана емес, әр қолданбаның ғылыми дәлелге айналу шарттарын салыстырмалы түрде талдау. Негізгі сұрақтар: бұл технологиялар қандай биологиялық міндеттерді тиімді шешеді; қай жерде олардың қорытындысы шектеулі; және сенімді, қайталанатын зерттеу үшін қандай әдіснамалық қағидалар қажет?

Әдебиеттерді іріктеу тәсілі

Бұл жұмыс жүйелі шолу мәртебесіне үміткер емес, тақырыптық әдеби шолу

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

ретінде дайындалды. 2015–2026 жылдардағы еңбектерге басымдық беріліп, бағыттың қалыптасуына ықпал еткен ертерек жұмыс қосылды. Іздеу ұғымдары қазақша және ағылшынша баламалармен құрылды: artificial intelligence in biology, machine learning genomics, protein structure prediction, single-cell foundation model, deep learning microscopy, AI biodiversity monitoring, bioacoustics, self-driving laboratory, data leakage және reproducibility. Google Scholar-да индекстелетін рецензияланған журнал мақалалары негізге алынды; атау, автор, жыл, журнал және DOI мәліметтері журналдардың ресми беттері мен библиографиялық жазбалар арқылы қайта тексерілді.

Іріктеуде үш өлшем қолданылды: биологиялық зерттеу міндетіне тікелей қатыстылық; әдістің немесе проблеманың ғылыми қауымдастық үшін маңыздылығы; нәтижені тексеруге мүмкіндік беретін тұрақты DOI не ресми баспа бетінің болуы. Зерттеу мақалалары нақты қолданбаларды көрсету үшін, ал шолу және ұсыным сипатындағы еңбектер салалық тенденциялар мен әдіснамалық шектеулерді синтездеу үшін пайдаланылды. Тек аннотациясы қолжетімді еңбектерден егжей-тегжейлі сандық нәтиже шығарылмады. Сондықтан төмендегі тұжырымдар «барлық әдебиетті толық қамтиды» дегенді емес, іріктелген сенімді еңбектердің тақырыптық синтезін білдіреді.

Биологиялық деректердің цифрлық трансформациясы

Цифрландыру биологиялық нысанды өлшеу тәсілін өзгертті. ДНҚ мен РНҚ реттіліктері символдық тізбекке, тін кескіндері пиксельдер жиынына, жануар дауысы уақыт–жиілік спектріне, ал экожүйе координаталармен байланысқан кеңістіктік қабаттарға айналады. Мұндай репрезентациялар компьютерлік өңдеуді жеңілдетеді, бірақ биологиялық шындықтың толық көшірмесі емес. Өлшеу құралы, үлгі дайындау хаттамасы, сенсордың сезімталдығы және деректі аннотациялау тәсілі кейінгі модельге жүйелі қате енгізуі мүмкін. Сондықтан цифрлық құбырдың сапасы тек алгоритм дәлдігімен емес, үлгі алудан бастап метадеректерді сақтауға дейінгі бүкіл тізбекпен анықталады.

Машиналық оқытуда мақсат көбіне белгісіз үлгілерге болжам жасау, ал классикалық биостатистикада параметрді бағалау мен гипотезаны тексеру болады. Бұл айырмашылық практикалық мәнге ие. Модель түрді кескіннен жоғары дәлдікпен таныса да, популяция санының өзгеру себебін түсіндірмеуі мүмкін. Сол сияқты ген экспрессиясынан фенотипті болжау геннің себептік рөлін автоматты түрде дәлелдемейді. Pichler және Hartig (2023) экологияда болжау мен ғылыми қорытынды жасаудың мақсаттарын ажырату қажет екенін атап көрсетеді; бұл қағида биологияның өзге салаларына да ортақ.

Геномика және біржасушалық биология

Геномика жасанды интеллектіні ерте әрі кең қабылдаған бағыттардың бірі. Терең желілер ДНҚ тізбегіндегі функционалдық элементтерді тану, варианттарды шақыру, реттеуші белсенділікті болжау және көпомикалы деректерді біріктіру міндеттерінде қолданылады. Eraslan және әріптестері (2019) терең оқытудың үлкен әрі күрделі геномдық деректерден бейсызық тәуелділіктерді үйрене алатынын, бірақ модель интерпретациясы мен дерек қажеттілігі негізгі қиындық болып қалатынын көрсетті. Жалпы әдістемелік шолулар да биолог үшін модель таңдау міндеттен, дерек көлемінен және түсіндіру талабынан басталуы тиіс екенін айтады (Greener et al., 2022).

DeepVariant геномдық оқылымдардың локалдық тураланууын кескінге ұқсас репрезентацияға түрлендіріп, бір нуклеотидтік варианттар мен шағын инделдерді терең желі арқылы жіктейді. Poplin және әріптестері (2018) әдістің әртүрлі секвенирлеу технологиялары мен эксперименттік дизайндарға бейімделе алатынын көрсетті. Бұл нәтиже биоинформатикалық ережелерді толық қолмен жазудың орнына, модельдің шынайы деректен пайдалы белгілерді үйрену мүмкіндігін танытты. Дегенмен өнімділік

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

референстік геномға, қамту тереңдігіне, платформаға және этникалық репрезентативтілікке тәуелді; клиникалық немесе популяциялық қорытынды алдында тәуелсіз дерекпен валидация қажет.

Біржасушалық RNA-seq әр жасушаның мыңдаған ген бойынша экспрессиясын өлшейді, бірақ сиректік, техникалық шу және партиялық әсер талдауды қиындатады. scVI ықтималдық генеративті модель арқылы төмен өлшемді жасырын кеңістік құрып, партиялық әсерді есепке алу мен жасушалық вариацияны талдауға мүмкіндік берді (Lopez et al., 2018). Кейін scGPT 33 миллионнан астам жасуша профилінде алдын ала оқытылған трансформерді ұсынып, жасуша типін аннотациялау, гендік желілерді зерттеу және көпомикалы міндеттерге бейімдеу мүмкіндігін көрсетті (Cui et al., 2024). Мұндай іргелі модельдер қайта пайдаланылатын репрезентация ұсынады, бірақ олардың көлемі биологиялық мағыналылыққа тең емес: оқу корпусындағы тіндер, аурулар және популяциялар тең ұсынылмаса, сирек жағдайларға қатысты қорытынды әлсіз болуы мүмкін.

Құрылымдық биология және дәрі іздеу

Ақуыз құрылымын аминқышқылдар тізбегінен болжау жасанды интеллектінің биологиядағы ең танымал жетістігіне айналды. AlphaFold2 CASP14 бағалауында көптеген нысандар үшін эксперименттік құрылымдарға жақын дәлдік көрсетті (Jumper et al., 2021). Кейін әдіс адам протеомының басым бөлігіне қолданылып, құрылымдық қамтуды айтарлықтай кеңейтті (Tunyasuvunakool et al., 2021). AlphaFold Protein Structure Database болжамдарды кең қауымдастыққа ашық ұсыну арқылы цифрлық инфрақұрылымның ғылыми ықпалын күшейтті (Varadi et al., 2022).

Сонымен бірге болжанған құрылым мен эксперименттік дәлелді теңестіруге болмайды. Модельдің сенімділік көрсеткіші төмен аймақтар, ретсіз домендер, балама конформациялар, лигандтар, посттрансляциялық модификациялар және жасушалық орта толық сипатталмауы мүмкін. AlphaFold гипотеза қалыптастыруды, мутация орнын таңдауды немесе экспериментті басымдыққа қоюды жеделдетеді, бірақ функцияны, динамиканы және өзара әрекеттесуді растау үшін криоэлектрондық микроскопия, рентгендік кристаллография, ЯМР және биохимиялық сынақтар қажет болып қала береді.

Дәрі-дәрмек іздеуде машиналық оқыту нысана таңдаудан бастап молекула қасиеттерін болжауға, виртуалды скринингке және токсикологияға дейін қолданылады. Vamathevan және әріптестері (2019) мүмкіндіктің мол екенін, бірақ пайдалы нәтиже нақты қойылған сұрақ пен сапалы дерекке тәуелді екенін көрсетеді. Stokes және әріптестері (2020) терең оқыту арқылы құрылымдық жағынан бұрынғы антибиотиктерден өзгеше молекулаларды басымдыққа қоюға болатындығын көрсетті. Бұл модельдер зертханалық скрининг кеңістігін тарылтады; олар молекуланың тиімділігі мен қауіпсіздігін өздігінен дәлелдемейді. Сондықтан есептік болжам міндетті түрде in vitro, кейін қажет болса in vivo тексерумен жалғасуы тиіс.

Сандық микроскопия және биобейнелер

Сандық микроскопияда жасушаларды, ядроларды немесе ұлпа құрылымдарын қолмен белгілеу көп уақыт алады және зерттеушілер арасында айырмашылық туғызады. Терең оқыту кескін жіктеу, объектіні сегменттеу, траекторияны қадағалау және кескін сапасын қалпына келтіру міндеттерін автоматтандырды (Moen et al., 2019). Cellpose әртүрлі кескін типтерінде жасушаларды сегменттеуге арналған жалпылама модель ретінде ұсынылып, алдын ала қайта оқытусыз да кең қолдануға бейімделді (Stringer et al., 2021). Cellpose 2.0 адам қатысатын қайта оқыту арқылы жаңа бейне доменіне салыстырмалы аз аннотациямен бейімделуді жеңілдетті (Pachitariu & Stringer, 2022).

Биобейне модельдерінің осал тұсы – домен ауысуы. Басқа микроскоп, бояу, үлгі дайындау немесе жасуша морфологиясы

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

үйретілген модельдің қатесін арттыра алады. Сегменттеу қатесі кейінгі жасуша санына, морфометрияға және фенотиптік жіктеуге тізбекті түрде таралады. Сондықтан сапаны тек орташа дәлдікпен емес, биологиялық маңызды сирек объектілердегі қателермен, сыртқы зертхананың дерегімен және сарапшының визуалды тексеруімен бағалау қажет. Жасанды интеллект бұл жерде бақылаушыны толық алып тастамай, қайталанатын жұмысты азайтып, күмәнді мысалдарды адамға қайта бағыттайтын жүйе ретінде тиімді.

Экология және биоалуантүрлілікті цифрлық мониторингтеу

Экологияда камера-тұзақ, дрон, спутник, GPS және пассивті акустикалық құрылғылар кеңістіктік-уақыттық деректердің жаңа ағындарын қалыптастырады. Терең оқыту кескіннен түрді анықтау, жануар санын есептеу, мінез-құлықты жіктеу және дыбыстан вокализацияны тану міндеттеріне енгізілді (Christin et al., 2019). Norouzzadeh және әріптестері (2018) Snapshot Serengeti жиынтығындағы 3,2 миллион кескін бойынша 48 түрді анықтау, санын есептеу және сипаттау мүмкіндігін көрсетті. Бұл камера-тұзақ мониторингін масштабтауға жол ашты, бірақ модельдің бір аймақтағы жоғары нәтижесі басқа ландшафт, маусым немесе камера параметріне автоматты түрде көшпейді.

Өсімдік түрлерін кескін арқылы анықтау азаматтық ғылым мен далалық жұмысты қолдай алады. Wäldchen және Mäder (2018) автоматтандырылған өсімдік идентификациясының дамуын қорытындылап, жапырақтан бөлек гүл, жеміс, сабақ және экологиялық контекст сияқты белгілердің маңызын көрсетті. Практикалық жүйе пайдаланушыға бір атауды ғана емес, ықтимал нұсқаларды, сенімділік деңгейін және шешімге әсер еткен белгілерді ұсынуы керек. Сирек және жергілікті түрлердің оқу жиынында аз болуы қорғау басымдығы жоғары таксондарда қате тәуекелін күшейтеді.

Биоакустика құстарды, жарқанаттарды, жәндіктерді және теңіз жануарларын ұзақ мерзім, жанаспай бақылауға мүмкіндік береді. Stowell (2022) терең оқытудың дыбыстық оқиғаларды табу мен жіктеуді ілгерілеткенін, алайда фондық шу, әлсіз белгі, таксондар арасындағы теңсіздік және басқа орынға тасымалдау мәселелері шешілмегенін атап өтеді. Экология мен эволюциядағы жүздеген зерттеуді қамтыған синтез терең оқытудың әсіресе кескіндік жіктеуде тез таралғанын көрсетті, бірақ механистік түсіндіру мен болжамдық өнімділікті ажырату керектігін ескертеді (Borowiec et al., 2022). Демек цифрлық мониторингтің ең сенімді үлгісі – сенсор, алгоритм, далалық тексеру және экологиялық интерпретацияның біріккен циклі.

Зертханалық автоматтандыру және тұйық циклді эксперимент

Зертханалық автоматтандырудың бастапқы мақсаты сұйықтық беру, инкубациялау және өлшеу сияқты қайталанатын әрекеттерді стандарттау болды. Жасанды интеллект қосылғанда жүйе алдыңғы нәтижеге сүйеніп келесі экспериментті таңдауға қабілетті тұйық циклге өтеді. King және әріптестері (2009) ұсынған Adam робот-ғалымы ашытқы функционалдық геномикасында гипотеза құрып, оны автоматты эксперимент арқылы тексерудің принциптік мүмкіндігін көрсетті. Бұл жұмыс ғылыми процестің кейбір формалды бөліктерін машинаға беруге болатынын дәлелдеді, бірақ ғылыми сұрақтың маңызын бағалау мен нәтижені кең теорияға енгізу адам сараптамасын талап етеді.

Қазіргі өздігінен басқарылатын зертханалар роботтық өндірісті, жоғары өнімді өлшеуді және белсенді оқыту немесе Байес оңтайландыруын біріктіреді. Протеин инженериясында алгоритм перспективалы варианттарды таңдап, робот оларды жасап өлшейді, ал жаңа дерек келесі циклді жаңартады. Мұндай тәсіл эксперимент санын азайтып, үлкен іздеу кеңістігінде пайдалы аймақты жылдам табуы мүмкін. Алайда жабдық сәйкестігі, калибрлеу, ақауларды анықтау, қауіпсіздік және дерек стандарттары

ISSN: 3135-1883

ескерілмесе, автоматтандыру қатені де міндеттің күрделілігіне, тәуекеліне және жоғары жылдамдықпен қайталайды. өлшеудің сенімділігіне сай болуы керек. Сондықтан автономия деңгейі биологиялық

1-кесте. Биологиялық зерттеулердегі негізгі цифрлық деректер, әдістер және валидация талаптары

Дерек түрі	Негізгі әдіс	Зерттеуге қосатын құндылық	Басты тексеру талабы
ДНҚ, РНҚ, омика	CNN, трансформер, вариациялық автоэнкодер	Вариант шақыру, жасуша типін ажырату, дерек интеграциясы	Тәуелсіз когорты, партиялық әсер, туыстық пен қайталанған үлгілерді бөлу
Ақуыз және молекула	Құрылымдық және генеративті модельдер	Құрылым болжамы, нысана мен кандидаттарды басымдыққа қою	Эксперименттік құрылым, биохимиялық белсенділік және қауіпсіздік сынағы
Микроскопиялық кескін	Сегменттеу және объектіні қадағалау	Жасушаларды автоматты санау, морфология мен динамиканы өлшеу	Басқа микроскоп пен хаттамада сыртқы валидация, сирек объектілерді тексеру
Экологиялық кескін мен дыбыс	Компьютерлік көру және акустикалық жіктеу	Түрді анықтау, санақ, мінез-құлық және фенология мониторингі	Жаңа орын, маусым және сенсорда тексеру; жалған оң нәтижені есепке алу
Роботтық эксперимент	Белсенді оқыту, Байес оңтайландыруы	Келесі тәжірибені бейімдеп таңдау, цикл уақытын қысқарту	Калибрлеу, бақылау үлгілері, қауіпсіз тоқтату және толық журналдау

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

Сенімділік, түсіндірмелілік және этика

Жасанды интеллект қолданылған биологиялық зерттеудің ең жиі қатесі – модельдің тест нәтижесін шынайы ғылыми жарамдылықпен теңестіру. Дерек ағуы кезінде бір дараға, бір отбасыға, бір зертханаға немесе бір үлгі сериясына қатысты ақпарат оқу және тест жиындарына қатар түседі. Сонда модель биологиялық заңдылықтың орнына техникалық ұқсастықты жаттап, нәтижені жасанды түрде көтереді. Bernett және әріптестері (2024) биологиялық машиналық оқытуда ағуды анықтауға арналған жеті бағыттаушы сұрақ ұсынады. Практикада бөлу бірлігі биологиялық тәуелсіздікке сай болуы керек: мысалы, кескінді емес, пациентті; дыбыс үзіндісін емес, жазба орнын; жасушаны емес, донорды бөлу.

Ашық дерекқорлар белгілі түрлерді, организмдерді, популяцияларды және зертханаларды шамадан тыс көрсетуі мүмкін. Модель осы таралымды үйреніп, сирек түрлерде немесе аз зерттелген популяцияларда нашарлайды. Бұл тек техникалық проблема емес: дерек жинау басымдығы ғылыми назарды қайта өндіреді. Сондықтан өнімділікті жалпы орташа көрсеткішпен қатар, маңызды ішкі топтарда, жаңа географиялық аймақта және басқа құрылғыда бағалау қажет.

Түсіндірмелілік пен себептілік меселесі белгі маңыздылығы немесе назар картасы модельдің қандай сигнал пайдаланғанын шамалап көрсетеді, бірақ биологиялық механизмнің дәлелі болмайды. Болжамнан кейін нокаут, мутагенез, тежегіш эксперименті немесе тәуелсіз далалық бақылау секілді тексеру қажет. Walsh және әріптестері (2021) ұсынған DOME ұсынымдары дерек, оңтайландыру, модель және бағалау туралы толық есеп беруге шақырады. Heil және әріптестері (2021) дерек, код, үйретілген салмақтар, бағдарламалық орта және автоматтандырылған жұмыс ағынын жариялаудың қайталанымдылық үшін маңызын көрсетеді.

Геномдық дерек тұлғаны қайта сәйкестендіруге мүмкіндік беруі мүмкін, ал биологиялық дизайн модельдері пайдалы молекулалармен қатар қауіпті сипаттамаларды да оңтайландыра алады. Сондықтан қолжетімділік деңгейі, деректі анонимдеу, аудит журналы, рөлдік рұқсат және тәуекелге сай адам бақылауы алдын ала жобалануы тиіс. FAIR қағидалары деректің табылатын, қолжетімді, үйлесімді және қайта пайдаланылатын болуын қолдайды, бірақ «ашық» пен «жауапты қолжетімділік» әрдайым бір нәрсе емес (Wilkinson et al., 2016).

Талқылау

Қарастырылған әдебиеттер жасанды интеллектінің биологиядағы әсері біркелкі емес екенін көрсетеді. Ең айқын жетістіктер үлкен стандартталған дерек, нақты мақсат және объективті эталон бар міндеттерде байқалады: ақуыз құрылымын болжау, нуклеотид варианттарын шақыру, жасуша сегменттеу немесе алдын ала белгіленген түрлерді кескіннен жіктеу. Ал себептік механизм, сирек жағдай, жаңа орта немесе көпдеңгейлі жүйе қажет болғанда белгісіздік артады. Сондықтан «ең күрделі модель ең жақсы модель» деген қағида ғылыми тұрғыдан дұрыс емес; қарапайым базалық модель, анық валидация және түсінікті қате талдауы кейде көбірек дәлел береді.

Цифрлық әдістердің басты құндылығы жекелеген алгоритмнен гөрі зерттеу циклін байланыстыруында. Сенсор немесе секвенатор дерек жинайды; стандартталған құбыр сапаны тексереді; модель ықтимал нысандарды басымдыққа қояды; эксперимент немесе далалық тексеру болжамды сынайды; нәтиже дерекқор мен модельді жаңартады. Осы циклде адам зерттеу сұрағын, өлшемнің жарамдылығын, этикалық шекті және биологиялық интерпретацияны анықтайды. Яғни болашақтағы тиімді үлгі – толық

ISSN: 3135-1883

автономия емес, адам мен есептік жүйенің міндеттері дәл бөлінген серіктестік.

Қазақстандық зерттеу ұйымдары үшін де бұл қорытынды өзекті. Қымбат үлкен модельді нөлден үйретуден бұрын ашық құралды жергілікті деректерпен тексеру, сапалы метадерек пен электрондық хаттама қалыптастыру, есептеу ортасын құжаттау және пәндік маман мен деректер маманының бірлескен жұмысын күшейту пайдалы. Биоалуантүрлілік саласында жергілікті түрлердің сурет және дыбыс коллекциялары, ал биомедицинада популяциялық репрезентативті деректер ерекше маңызға ие. Мұндай дерекқорларсыз сырттан алынған модельдің қателігі жасырын қалуы мүмкін.

Қорытынды

Жасанды интеллект және цифрлық әдістер биологиялық зерттеудің дерек жинау, талдау, гипотеза құру және экспериментті жоспарлау сатыларын өзгертіп отыр. Геномикада олар күрделі реттілік деректерін өңдейді; құрылымдық биологияда ақуыз пішінін болжауды кеңейтеді; микроскопияда сандық фенотиптеуді жеделдетеді; экологияда үлкен аумақта үздіксіз мониторингке мүмкіндік береді; автоматтандырылған зертханада тәжірибені бейімдеп таңдауға көмектеседі. Бірақ бұл артықшылықтар деректің сапасы мен репрезентативтілігіне, дұрыс бөлінген оқу және тест жиындарына, сыртқы валидацияға, толық есеп беруге және биологиялық экспериментпен растауға тәуелді.

Әдебиеттердің ортақ тұжырымы мынадай: жасанды интеллект ғылыми әдісті алмастырмайды, оның кейбір кезеңдерін күшейтеді. Сенімді қолдану үшін әр болжамның дерек көзі, белгісіздігі, қолданылу шекарасы және тексеру жолы көрсетілуі керек. Болашақ зерттеулер мультимодальды деректерді біріктіруге, аз ұсынылған организмдер мен популяцияларды қамтуға, сыртқы валидацияға, түсіндірілетін модельдерге және ашық, қайталанатын жұмыс ағындарына бағытталғаны жөн.

ISSN: 3135-1883

Әдебиеттер тізімі

1. Bernett, J., Blumenthal, D. B., Grimm, D. G., Haselbeck, F., Joeres, R., Kalinina, O. V., & List, M. (2024). Guiding questions to avoid data leakage in biological machine learning applications. Nature Methods, 21, 1444–1453. https://doi.org/10.1038/s41592-024-02362-y

2. Borowiec, M. L., Dikow, R. B., Frandsen, P. B., McKeeken, A., Valentini, G., & White, A. E. (2022). Deep learning as a tool for ecology and evolution. Methods in Ecology and Evolution, 13(8), 1640–1660. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13901

3. Christin, S., Hervet, É., & Lecomte, N. (2019). Applications for deep learning in ecology. Methods in Ecology and Evolution, 10(10), 1632–1644. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13256

4. Cui, H., Wang, C., Maan, H., Pang, K., Luo, F., Duan, N., & Wang, B. (2024). scGPT: Toward building a foundation model for single-cell multi-omics using generative AI. Nature Methods, 21, 1470–1480. https://doi.org/10.1038/s41592-024-02201-0

5. Eraslan, G., Avsec, Ž., Gagneur, J., & Theis, F. J. (2019). Deep learning: New computational modelling techniques for genomics. Nature Reviews Genetics, 20, 389–403. https://doi.org/10.1038/s41576-019-0122-6

6. Greener, J. G., Kandathil, S. M., Moffat, L., & Jones, D. T. (2022). A guide to machine learning for biologists. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 23, 40–55. https://doi.org/10.1038/s41580-021-00407-0

7. Heil, B. J., Hoffman, M. M., Markowetz, F., Lee, S.-I., Greene, C. S., & Hicks, S. C. (2021). Reproducibility standards for machine learning in the life sciences. Nature Methods, 18, 1132–1135. https://doi.org/10.1038/s41592-021-01256-7

8. Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., et al. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. Nature, 596, 583–589. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2

9. King, R. D., Rowland, J., Oliver, S. G., Young, M., Aubrey, W., Byrne, E., et al. (2009). The automation of science. Science, 324(5923), 85–89. https://doi.org/10.1126/science.1165620

10. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521, 436–444. https://doi.org/10.1038/nature14539

11. Lopez, R., Regier, J., Cole, M. B., Jordan, M. I., & Yosef, N. (2018). Deep generative modeling for single-cell transcriptomics. Nature Methods, 15, 1053–1058. https://doi.org/10.1038/s41592-018-0229-2

12. Moen, E., Bannon, D., Kudo, T., Graf, W., Covert, M., & Van Valen, D. (2019). Deep learning for cellular image analysis. Nature Methods, 16, 1233–1246. https://doi.org/10.1038/s41592-019-0403-1

13. Norouzzadeh, M. S., Nguyen, A., Kosmala, M., Swanson, A., Palmer, M. S., Packer, C., & Clune, J. (2018). Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(25), E5716–E5725. https://doi.org/10.1073/pnas.1719367115

14. Pachitariu, M., & Stringer, C. (2022). Cellpose 2.0: How to train your own model. Nature Methods, 19, 1634–1641. https://doi.org/10.1038/s41592-022-01663-4

15. Pichler, M., & Hartig, F. (2023). Machine learning and deep learning– A review for ecologists. Methods in Ecology and Evolution, 14(4), 994–1016. https://doi.org/10.1111/2041-210X.14061

ISSN: 3135-1883

16. Poplin, R., Chang, P.-C., Alexander, D., Schwartz, S., Colthurst, T., Ku, A., et al. (2018). A universal SNP and small-indel variant caller using deep neural networks. Nature Biotechnology, 36, 983–987. https://doi.org/10.1038/nbt.4235

17. Stokes, J. M., Yang, K., Swanson, K., Jin, W., Cubillos-Ruiz, A., Donghia, N. M., et al. (2020). A deep learning approach to antibiotic discovery. Cell, 180(4), 688–702.e13. https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.01.021

18. Stowell, D. (2022). Computational bioacoustics with deep learning: A review and roadmap. PeerJ, 10, e13152. https://doi.org/10.7717/peerj.13152

19. Stringer, C., Wang, T., Michaelos, M., & Pachitariu, M. (2021). Cellpose: A generalist algorithm for cellular segmentation. Nature Methods, 18, 100–106. https://doi.org/10.1038/s41592-020-01018-x

20. Tunyasuvunakool, K., Adler, J., Wu, Z., et al. (2021). Highly accurate protein structure prediction for the human proteome. Nature, 596, 590–596. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03828-1

21. Vamathevan, J., Clark, D., Czodrowski, P., Dunham, I., Ferran, E., Lee, G., et al. (2019). Applications of machine learning in drug discovery and development. Nature Reviews Drug Discovery, 18, 463–477. https://doi.org/10.1038/s41573-019-0024-5

22. Varadi, M., Anyango, S., Deshpande, M., et al. (2022). AlphaFold Protein Structure Database: Massively expanding the structural coverage of protein-sequence space with high-accuracy models. Nucleic Acids Research, 50(D1), D439–D444. https://doi.org/10.1093/nar/gkab1061

23. Wäldchen, J., & Mäder, P. (2018). Machine learning for image based species identification. Methods in Ecology and Evolution, 9(11), 2216–2225. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13075

24. Walsh, I., Fishman, D., Garcia-Gasulla, D., et al. (2021). DOME: Recommendations for supervised machine learning validation in biology. Nature Methods, 18, 1122–1127. https://doi.org/10.1038/s41592-021-01205-4

25. Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., et al. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Scientific Data, 3, 160018. https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

ӘОЖ: 58:004.8 https://doi.org/10.5281/zenodo.23477056

Өсімдіктер систематикасындағы жасанды интеллект цифрлық гербарийлер түрлерді анықтау және таксономиялық зерттеулердің жаңа мүмкіндіктері (әдеби шолу)

А.А. Құдайберген[1*],
[1]әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
e-mail: aiauzhankudaibergen@gmail.com

Қабылданған күні: 29.07.2026 | **Қабылданды:** 23.09.2026 | **Жарияланды:** 30.09.2026

Аңдатпа. Бұл әдеби шолудың мақсаты – цифрлық гербарийлер мен жасанды интеллект әдістерінің өсімдіктер систематикасындағы орнын, түрлерді автоматтандырылған анықтау мүмкіндіктерін және таксономиялық зерттеулерге ықпалын кешенді бағалау. Әдебиеттер Google Scholar арқылы табуға болатын рецензияланған жарияланымдар арасынан тақырыптық сәйкестік бойынша іріктеліп, DOI және баспа беттерімен салыстырыла тексерілді. Негізгі іздеу кезеңі 2015–2026 жылдарды қамтыды, ал тұжырымдамалық маңызы бар ертерек еңбектер қосымша енгізілді. Нәтижелер цифрлық гербарийлердің сурет пен жапсырма метадеректерін біріктіретін ауқымды зерттеу инфрақұрылымына айналғанын көрсетті. Терең оқыту үлгілері ірі және сапалы таңбаланған деректер жиындарында түрлерді жоғары дәлдікпен ажырата алады; сонымен бірге өсімдік мүшелерін сегментациялау, морфологиялық белгілерді өлшеу, фенологиялық фазаларды тану, жапсырма мәтінін шығару және ықтимал қате анықтамаларды белгілеу мүмкіндіктері кеңеюде. Алайда дәлдік көрсеткіштері деректердің теңгерімсіздігіне, географиялық және коллекциялық ығысуға, сирек таксондардың аз ұсынылуына, таксономиялық атаулардың өзгеруіне және модельдің бұрын көрмеген түрлерді тану қабілетіне тәуелді. Сондықтан жасанды интеллект таксономисті алмастыратын құрал ретінде емес, сарапшы басқаратын, шешім қабылдауды қолдайтын жүйе ретінде қарастырылуы тиіс. Болашақ бағыттар мультимодальды деректерді, түсіндірілетін модельдерді, ашық классты тануды және халықаралық дерек стандарттарын біріктіруге негізделеді.

Түйін сөздер: *жасанды интеллект, өсімдіктер систематикасы, цифрлық гербарий, компьютерлік көру, түрлерді анықтау, машиналық оқыту, интегративті таксономия*.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СИСТЕМАТИКЕ РАСТЕНИЙ: ЦИФРОВЫЕ ГЕРБАРИИ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВИДОВ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Аннотация. Цель данного литературного обзора – комплексно оценить роль цифровых гербариев и методов искусственного интеллекта в систематике растений, возможности автоматизированной идентификации видов и влияние этих технологий на таксономические

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

исследования. Литература отбиралась по тематическому соответствию среди рецензируемых публикаций, доступных для поиска через Google Scholar, с последующей перекрёстной проверкой DOI и страниц издательств. Основной период поиска охватывал 2015–2026 годы, при этом дополнительно включались более ранние работы, имеющие концептуальное значение. Результаты показали, что цифровые гербарии превратились в масштабную исследовательскую инфраструктуру, объединяющую изображения образцов и метаданные с этикеток. Модели глубокого обучения способны с высокой точностью различать виды на крупных и качественно аннотированных наборах данных. Кроме того, расширяются возможности сегментации органов растений, измерения морфологических признаков, распознавания фенологических фаз, извлечения текста с этикеток и выявления потенциально ошибочных определений. Однако показатели точности зависят от несбалансированности данных, географических и коллекционных смещений, недостаточной представленности редких таксонов, изменений таксономической номенклатуры и способности моделей распознавать ранее не встречавшиеся виды. Поэтому искусственный интеллект следует рассматривать не как инструмент замены таксономиста, а как систему поддержки принятия решений под контролем эксперта. Перспективные направления дальнейших исследований связаны с интеграцией мультимодальных данных, разработкой интерпретируемых моделей, применением методов распознавания открытого класса и внедрением международных стандартов данных.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, систематика растений, цифровой гербарий, компьютерное зрение, идентификация видов, машинное обучение, интегративная таксономия.*

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PLANT SYSTEMATICS: DIGITAL HERBARIA, SPECIES IDENTIFICATION, AND NEW OPPORTUNITIES FOR TAXONOMIC RESEARCH (A LITERATURE REVIEW)

Abstract. The aim of this literature review is to comprehensively assess the role of digital herbaria and artificial intelligence methods in plant systematics, the potential of automated species identification, and the impact of these technologies on taxonomic research. The literature was selected from peer-reviewed publications searchable through Google Scholar based on thematic relevance, with DOI records and publisher websites cross-checked for verification. The main search period covered 2015–2026, while earlier studies of conceptual significance were also included. The findings indicate that digital herbaria have evolved into large-scale research infrastructures integrating specimen images with label metadata. Deep learning models can distinguish species with high accuracy when trained on large, high-quality annotated datasets. In addition, capabilities for plant organ segmentation, morphological trait measurement, phenological stage recognition, label text extraction, and the flagging of potentially erroneous identifications are expanding. However, accuracy metrics depend on data imbalance, geographic and collection biases, the underrepresentation of rare taxa, changes in taxonomic nomenclature, and the ability of models to recognize previously unseen species. Therefore,

ISSN: 3135-1883

artificial intelligence should be regarded not as a replacement for taxonomists but as an expert-supervised decision-support system. Future research directions include the integration of multimodal data, interpretable models, open-set recognition, and international data standards.

Keywords: *artificial intelligence, plant systematics, digital herbarium, computer vision, species identification, machine learning, integrative taxonomy.*

Кіріспе

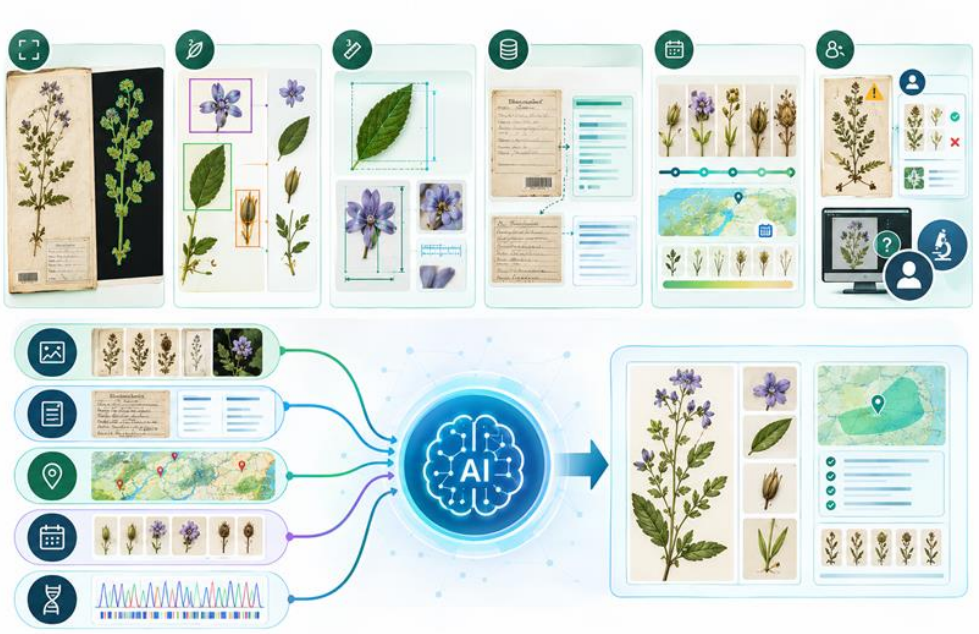
Өсімдіктер систематикасы өсімдік алуантүрлілігін сипаттау, атау, жіктеу және эволюциялық байланыстарын түсіндіру міндеттерін атқарады. Бұл міндеттердің эмпирикалық негізі – түрдің морфологиялық белгілерін, таралуын, жиналған орнын және таксономиялық анықтамаларын сақтайтын гербарий үлгілері. Гербарий парағы тек кептірілген өсімдік емес: ол қайта тексеруге болатын заттай куәлік, жапсырмадағы кеңістік-уақыттық дерек және кейінгі ревизиялардың тарихы. Сондықтан гербарий коллекцияларын цифрландыру систематикадағы деректердің қолжетімділігі мен салыстырмалылығын түбегейлі өзгертті (Soltis, 2017; Meineke et al., 2019).

Жаппай цифрландыру нәтижесінде миллиондаған жоғары ажыратымдылықтағы кескіндер GBIF, iDigBio және институционалдық виртуалды гербарийлер арқылы таратылады. Бұл қорлар зерттеушіге бір коллекциямен шектелмей, әр аймақ пен тарихи кезеңдегі үлгілерді қатар талдауға мүмкіндік береді. Бірақ цифрлық дерек көлемінің өсуі жаңа кедергі туғызды: суреттерді қолмен анықтау, жапсырмаларды транскрипциялау, мүшелерді белгілеу және қате жазбаларды тексеру қарқыны дерек ағынына ілесе алмайды. Осы тұста компьютерлік көру, табиғи тілді өңдеу және машиналық оқыту жүйелері қайталанатын операцияларды жеделдететін құрал ретінде маңызға ие болды (Pearson et al., 2020; Hussein et al., 2022).

Жасанды интеллектінің өсімдік систематикасындағы қолданылуы тек «суреттен түр атауын табумен» шектелмейді. Қазіргі жүйелер гербарий парағындағы өсімдік пен фон элементтерін бөледі, жапырақ, гүл, жеміс сияқты мүшелерді табады, морфометриялық белгілерді өлшейді, жапсырма мәтінін құрылымдандырады, фенологиялық күйді бағалайды және коллекциядағы күмәнді анықтамаларды сарапшыға ұсынады (1-сурет). Соңғы еңбектер мұны бірнеше дерек түрін – кескін, мәтін, география, фенология және генетикалық ақпаратты – біріктіретін интегративті таксономиялық AI бағытына ұластырады (Guo et al., 2025; Takano et al., 2026).

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026



1-сурет. Жасанды интеллектінің өсімдік систематикасындағы қолданылуы: интегративті таксономиялық талдау

Мақаланың мақсаты – цифрлық гербарийлерге негізделген жасанды интеллект әдістерінің түрлерді анықтау мен таксономиялық зерттеулерге қосатын үлесін әдеби деректер негізінде жүйелеу, олардың сенімділік шектерін көрсету және өсімдіктер систематикасындағы болашақ зерттеу бағыттарын айқындау.

Материалдар мен әдістер

Жұмыс эмпирикалық эксперимент емес, құрылымдалған нарративтік әдеби шолу ретінде орындалды. PCC логикасы қолданылды: зерттеу нысаны – гербарий үлгілері мен өсімдік таксондары; негізгі ұғым – жасанды интеллект, машиналық оқыту және компьютерлік көру; контекст – цифрлық гербарийлер, түрлерді анықтау және таксономиялық зерттеу. Үш сұрақ қойылды: 1) цифрлық гербарий деректері AI үшін қандай инфрақұрылым қалыптастырады; 2) AI өсімдік түрін анықтау және гербарийді өңдеу міндеттерінде қандай нәтижелер көрсетеді; 3) бұл әдістерді таксономиялық шешімге айналдыруға қандай шектеулер кедергі жасайды? Ақпарат іздеу стратегиясы Google Scholar-да табылатын ғылыми еңбектерді қамту мақсатымен ағылшын тіліндегі мына ұғымдар жеке және біріктіріліп пайдаланылды: “artificial intelligence”, “machine learning”, “deep learning”; “plant taxonomy”, “plant systematics”, “species identification”, “species delimitation”; “digital herbarium”, “digitized herbarium specimen”; “computer vision”; “label extraction”; “trait extraction”; “open-set recognition”. Нәтижелердің библиографиялық дұрыстығы журналдың ресми беті, DOI жазбасы, PubMed Central немесе ұйымдық репозиторий арқылы салыстырыла тексерілді. Тікелей тақырыптық еңбектердің әдебиеттер тізімдері бойынша кері

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

дәйексөздік іздеу де жүргізілді. Google Scholar библиографиялық іздеу құралы ретінде пайдаланылғанымен, басылымның сенімділігі оның Scholar-да көрінуімен ғана емес, рецензиялануы, баспасы, әдісінің ашықтығы және дерекке сәйкестігі арқылы бағаланды.

Деректерді шығару және синтездеу

Әр еңбек бойынша авторы, жылы, дерек көзі, зерттеу мақсаты, дерек жиынтығының сипаты, модель немесе аналитикалық тәсіл, негізгі нәтиже, авторлар көрсеткен шектеулер және систематикаға қолданылуы тіркелді. Дәлдік, үлгі саны және таксон саны тек бастапқы мақалада немесе ресми толық мәтінде нақты көрсетілген жағдайда ғана пайдаланылды. Әртүрлі міндеттердің метрикалары бір-біріне тікелей теңестірілмеді: классификация дәлдігі, объектіні анықтау көрсеткіші және белгіні өлшеу сапасы бөлек түсіндірілді. Зерттеулер әдістемелік гетерогенді болғандықтан мета-талдау жасалмады; нәтижелер тақырыптық синтез арқылы цифрлық инфрақұрылым, автоматты идентификация, дерек шығару, таксономиялық интерпретация және тәуекелдер топтарына бөлінді. Бұл жұмыс толық жүйелі шолу немесе PRISMA есебі ретінде ұсынылмайды, себебі барлық дерекқорлар бойынша тәуелсіз қосарланған скрининг жүргізілген жоқ.

Нәтижелер

Цифрлық гербарийлер AI үшін дерек инфрақұрылымы ретінде

Гербарийлерді цифрландыру физикалық коллекцияны әлемдік деңгейде іздеуге болатын дерек жүйесіне айналдырды. Цифрлық жазба әдетте үлгі кескінін, таксон атауын, жинаушыны, күнді, географиялық орынды, коллекция нөмірін және кейінгі анықтау белгілерін қамтиды. Осындай құрылым модельді оқытуға қажетті кескін–таңба жұптарын береді. Soltis (2017) цифрландырудың тарихи үлгілерді жаңа зерттеу сұрақтарына қайта пайдалануға жол ашқанын көрсетті; Meineke et al. (2019) табиғи-тарихи коллекцияларды антропоцендегі биоалуантүрлілік өзгерістерін түсіндіретін ұзақ мерзімді дерек ретінде бағалады.

AI үшін гербарий кескіндерінің маңызды артықшылығы – көпшілігінің мамандар берген таксономиялық атаумен байланысуы. Сонымен қатар бұл атаулар толық мінсіз «ақиқат белгі» емес: кейбір жазбалар ескірген номенклатураны сақтайды, кейбір үлгілер қате анықталған, ал бір таксон әр коллекцияда әртүрлі атпен берілуі мүмкін. Цифрландыру қарқыны да біркелкі емес; ірі мекемелер мен кең таралған түрлер басым, шағын гербарийлер, сирек түрлер және географиялық тұрғыдан аз зерттелген аймақтар жеткіліксіз көрінеді. Демек, цифрлық гербарий – дайын және бейтарап оқу жиынтығы емес, кураторлық тарихы бар дерек көзі.

Түрлерді автоматтандырылған анықтау

Carranza-Rojas et al. (2017) гербарий кескіндерін терең нейрондық желілермен жіктеудің жүзеге асатынын ірі масштабта көрсетті. Бұл еңбек кейінгі гербарийлік компьютерлік көру зерттеулеріне негіз болды. Little et al. (2020) ұйымдастырған Herbarium 2019 байқауында Melastomataceae тұқымдасының 46 469 үлгісі мен 683 түрі қолданылып, үздік төрт модель 88%-дан жоғары дәлдікке жетті. Мұндай нәтиже алгоритмдердің маман жұмысын жылдамдата

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

алатынын көрсеткенімен, деректер бір таксономиялық топпен шектелді және түрлердің оқу мысалдары тең бөлінбеді.

Жапония флорасының 500 554 кескіні мен 2171 таксонында жасалған жүйе 96,4% дәлдік көрсетті және модель назар аударған кескін бөліктерін талдау арқылы қате анықталуы ықтимал үлгілерді белгілеуге мүмкіндік берді (Takano et al., 2022). Бұл нәтиже жоғары сапалы, аймақтық тұрғыдан үйлесімді коллекцияда AI өте тиімді болатынын дәлелдейді. Алайда көрсеткішті басқа құрлықтарға, басқа гербарий стандарттарына немесе оқу жиынтығында жоқ түрлерге тікелей көшіруге болмайды. Жабық классты сынақта барлық тест түрлері алдын ала белгілі болады; нақты гербарий жұмысында жүйе жаңа, гибридті, толық емес немесе анықталмаған материалмен кездеседі.

Ірі деректердегі өкілдік оқыту да маңызды бағыт болып отыр. Walker et al. (2022) бес гербарийден алынған 2,25 миллионнан астам кескін мен 64 500 түрді пайдаланып, кескіндердің жалпыға тасымалданатын сандық сипаттамаларын үйренді. Үштік желі арқылы алынған кеңістік бірнеше кейінгі міндетке жақсырақ ауысқан. Мұндай морфологиялық кеңістік ұқсас үлгілерді топтауға, атипиялық жазбаларды табуға және сарапшыға салыстыру үшін жақын үлгілерді ұсынуға мүмкіндік береді.

Қолдану бағыты	Негізгі дерек	AI нәтижесі	Таксономиялық мәні
Түрді жіктеу	Гербарий парағының кескіні	Таксонға ықтималдық береді	Алдын ала анықтау және ревизияны басымдықтау
Сегментация	Өсімдік пен парақ элементтері	Өсімдікті фоннан бөледі	Шу әсерін азайтып, өлшеуді тұрақтандырады
Мүше тану	Жапырақ, гүл, жеміс, сабақ	Мүшелерді табады және санайды	Диагностикалық белгілер мен фенологияны шығарады
Мәтін шығару	Жапсырма және аннотация	OCR және NER арқылы өрістерді бөледі	Локалитет, күн, жинаушы және анықтамаларды құрылымдайды
Морфологиялық кеңістік	Көп үлгінің үйренілген белгілері	Ұқсастықтар мен аномалияларды көрсетеді	Түр шекарасын тексеруге гипотеза ұсынады

1-кесте. Цифрлық гербарийлердегі AI міндеттері және олардың систематикадағы қызметі

Морфологиялық белгілер мен фенологиялық ақпаратты автоматты шығару

Таксономия үшін тек соңғы түр атауы емес, оны негіздейтін белгілер маңызды. GinJinn сияқты объектіні анықтау құбырлары гербарий кескіндеріндегі құрылымдарды автоматты табуға арналған (Ott et al., 2020). LeafMachine және оның кейінгі нұсқалары жапырақтарды табу, өлшеу және морфологиялық белгілерді көп мөлшерде шығару жұмысын автоматтандырады (Weaver et al., 2020). Younis et al. (2020) жапырақ пен сабақтың жақсы танылғанын, ал ұсақ немесе қабаттасқан гүл мүшелерінің қиынырақ

ISSN: 3135-1883

болғанын көрсетті. Бұл айырмашылық таксономиялық белгілердің визуалды қолжетімділігі модель нәтижесіне тікелей әсер ететінін білдіреді.

Фенологиялық кезеңдерді анықтау гүлдеу және жеміс беру уақытын тарихи қатарлар бойынша зерттеуге мүмкіндік береді. Pearson et al. (2020) гербарий кескіндерінен фенологиялық дерек алуға арналған модульдік машиналық оқыту жұмыс үдерісін сипаттады. Мұнда модель адам еңбегін түгел жоймайды: сарапшы оқу дерегін белгілейді, модель көп кескінді өңдейді, ал қателері бақылау іріктемесінде бағаланады. Осы схема таксономиялық зерттеуге де сәйкес келеді, себебі морфологиялық белгіні өлшеу мен оның таксономиялық мағынасын түсіндіру екі бөлек кезең болып қала береді.

Жапсырма мәтіні мен коллекциялық метадеректерді өңдеу

Гербарий парағындағы жапсырма түр атауымен қатар үлгінің қай жерде, қашан және кім жинағанын көрсетеді. OCR мәтінді таниды, ал атаулы мәндерді тану алгоритмдері сол мәтіннен ел, елді мекен, координата, жинаушы, күн және коллекция нөмірі секілді өрістерді бөледі. Соңғы жүйелер объектіні анықтау, OCR және табиғи тілді өңдеуді бір құбырға біріктіріп, қолжазба, типографиялық әркелкілік және көптілді жапсырмалар жағдайында жұмыс істеуге ұмтылады. Мұндай автоматтандыру үлгілерді картаға түсіруді, синонимдерді салыстыруды және тарихи анықтамаларды іздеуді жеделдетеді, бірақ нәтижелерді Darwin Core сияқты стандарттарға сәйкестендіріп, адамның сапа бақылауынан өткізу қажет.

Түр шекаралары және интегративті таксономия

Классификатор белгілі атаулардың бірін таңдайды, ал түрді делимитациялау деректердегі шекаралардың өзін тексереді. Сондықтан автоматты идентификация мен жаңа түрді сипаттау бір міндет емес. Бақылаусыз оқыту, кластерлеу және өлшемділікті азайту морфологиялық немесе генетикалық кеңістіктегі табиғи топтарды көрсетуге көмектеседі, бірақ кластер өздігінен биологиялық түр болып саналмайды. Species delimitation 4.0 тұжырымдамасы AI көмегімен морфология, геномика, экология және географияны бірге талдап, субъективтілікті азайтуды ұсынады; түпкі шешім бірыңғай түр тұжырымдамасы мен таксономиялық сараптамаға сүйенуі керек.

Takano et al. (2026) ұсынған интегративті таксономиялық AI тәсілінде жеке кескінге бір атау беру емес, көптеген үлгіні ортақ үйренілген морфологиялық кеңістікте салыстыру басым. Бұл кеңістік түрішілік өзгергіштікті, ықтимал гибридтерді, шеткі үлгілерді, қате анықтамаларды және қазіргі түр шекарасына сәйкес келмейтін топтарды көрсетуі мүмкін. AI мұнда жаңа таксономиялық гипотеза түзеді; гипотеза типтік материал, диагноз, номенклатура, география, молекулалық филогения және сарапшының морфологиялық бағалауымен тексеріледі.

Талқылау

Ғылыми және практикалық артықшылықтар

Әдебиеттер AI-дың ең күшті әсері ауқым мен басымдықта екенін көрсетеді. Біріншіден, модель миллиондаған кескін арасынан белгілі

ISSN: 3135-1883

бір таксонға, мүшеге немесе фенологиялық күйге сәйкес жазбаларды жылдам іріктейді. Екіншіден, күмәнді немесе атипиялық үлгілерді белгілеп, сарапшы уақытын ең күрделі жағдайларға бағыттайды. Үшіншіден, бірдей алгоритмдік ереже көптеген коллекцияға қолданылғанда өлшеу қайталанымдылығы жоғарылайды. Төртіншіден, цифрлық кескіндер физикалық үлгіні қайта-қайта ұстау қажеттігін азайтып, сирек және типтік материалды қашықтан салыстыруға жағдай жасайды.

Жасанды интеллект әсіресе «адам–алгоритм» бірлескен үдерісінде тиімді. Модель алғашқы болжамды және сенімділік мәнін береді; таксономист диагностикалық белгілерді, атаулардың қолданылуын және типтік үлгілерді тексереді; расталған түзетулер қайтадан оқу дерегіне қосылады. Осындай белсенді оқыту циклі сирек таксондарға арналған таңбаланған деректі біртіндеп жақсартады және модель қатесін жасырмай, кураторлық шешімге айналдырады.

Сенімділік шектері және әдіснамалық тәуекелдер

Бірнеше кең таралған түрдің мыңдаған кескіні бар, ал сирек түрлердің бірен-саран үлгісі ғана кездеседі. Жалпы дәлдік жоғары болғанымен, сирек немесе қорғауды қажет ететін таксондағы қате үлесі жасырын қалуы мүмкін. Сондықтан macro-F1, әр таксон бойынша сезімталдық, top-k дәлдігі және калибрленген сенімділік секілді көрсеткіштер қажет. Модель өсімдік морфологиясымен қатар гербарий қағазының түсін, масштаб сызғышын, штрихкодты, мекеме мөрін немесе кескін түсіру стилін үйренуі мүмкін. Бір коллекцияда жақсы нәтиже көрсеткен жүйе басқа гербарийде әлсірейді.

Көп модель тест кескінін оқу кезінде көрген түрлердің біріне мәжбүрлеп жатқызады. Нақты таксономиялық жұмыста анықталмаған, жаңа, гибридті немесе оқу жиынтығынан тыс таксондар бар. Ашық классты тану жүйесі мұндай үлгіні «белгісіз» деп тоқтатып, сарапшыға жіберуі тиіс. Жылу картасы модель назар аударған аймақты көрсете алады, бірақ ол ботаникалық диагностикалық белгіні пайдаланғанын толық дәлелдемейді. Сондықтан түсіндірме морфологиялық негізбен және қарсы мысалдармен тексерілуі керек (Guo et al., 2025).

Гербарий қорлары жинау экспедицияларының, қолжетімді жолдардың, саяси шекаралардың және ғылыми басымдықтардың ізін сақтайды. AI осы үлгіні қайталайды: деректе аз аймақ пен аз таксон модельде де әлсіз болады. Бұған қоса, қабылданған атаулар мен синонимдер уақыт өте өзгереді. Оқу жиынтығын тұрақты таксономиялық анықтамалықпен нұсқалау, бастапқы verbatim identification өрісін сақтау және модель шығарған атаудың қай номенклатуралық нұсқаға сәйкес екенін тіркеу қажет.

Зерттеу инфрақұрылымына қойылатын талаптар

Сенімді жүйе құру үшін кескіннің тұрақты идентификаторы, коллекция коды, таксон атауының авторы, анықтаушы мен анықтау күні, географиялық дерек, лицензия және таксономиялық нұсқа сақталуы тиіс. Оқу, валидация және тест жиынтықтарын кездейсоқ кескін деңгейінде ғана бөлу бір үлгінің

ISSN: 3135-1883

SANA LOGOS – Республикалық ғылыми журнал., Том 1, №3-2026

көшірмелері немесе бір жинау оқиғасының сериясы арқылы дерек ағып кетуіне әкелуі мүмкін. Сондықтан бөлу үлгі идентификаторы, мекеме, география немесе уақыт бойынша жүргізіліп, сыртқы коллекцияда сынақ жасалғаны дұрыс. Код, модель салмақтары, дерек іріктеу ережелері және қате матрицалары ашық берілгенде ғана нәтиже қайталанып, басқа флораға бағаланады.

Қазақстан және Орталық Азия гербарийлері үшін басым қадам – бірден күрделі универсал модель жасау емес, сапалы цифрлық корпус қалыптастыру. Алдымен типтік және флористикалық маңызды үлгілерді жоғары сапада түсіру, жапсырмаларды екі немесе үш тілде құрылымдау, синонимдерді біріздендіру және сарапшы растаған шағын эталон жиынтықтарын құру қажет. Одан кейін аймақтық модельді сыртқы гербарий материалымен сынап, сирек түрлер бойынша қателерді бөлек көрсету керек. Бұл тәсіл жергілікті флораны халықаралық дерек желілеріне қосып, сонымен бірге жергілікті таксономиялық білімнің жоғалуына жол бермейді.

Бұл шолу барлық библиографиялық дерекқорды толық қамтыған жүйелі шолу емес. Негізгі назар ағылшын тіліндегі, онлайн тексеруге болатын рецензияланған әдебиетке аударылды; сондықтан жергілікті тілдердегі және индекстелуі әлсіз еңбектер толық көрінбеуі мүмкін. Әртүрлі зерттеу деректері, таксон саны және метрикалары біркелкі болмағандықтан, нәтижелер сандық түрде біріктірілмеді. Кейбір жаңа еңбектер 2025–2026 жылдары жарияланғандықтан, олардың тәуелсіз қайталануы мен ұзақ мерзімді әсері әлі толық бағаланбаған.

Қорытынды

Цифрлық гербарийлер өсімдіктер систематикасына жоғары көлемді, тексерілетін және тарихи терең дерек берді; жасанды интеллект сол деректі іздеу, жіктеу және өлшеу мүмкіндігін кеңейтті. Әдебиеттер терең оқыту жүйелерінің түрлерді анықтау, мүшелерді табу, белгілерді шығару, фенологияны бағалау және жапсырма мәтінін құрылымдау міндеттерінде нақты нәтижелер бергенін көрсетеді. Ең перспективалы өзгеріс – жеке кескінге атау беруден көптеген үлгіні ортақ морфологиялық және мультимодальды кеңістікте салыстыруға көшу.

Сонымен бірге AI нәтижесі таксономиялық акт емес. Жоғары дәлдік деректер жиынтығының шегінде ғана мағыналы; жаңа түрді тану, түр шекарасын өзгерту немесе номенклатуралық шешім қабылдау үшін типтік материал, диагноз, әдебиет, генетикалық және экологиялық деректер, сондай-ақ маманның жауапкершілігі қажет. Сондықтан болашақтағы тиімді модель – түсіндірілетін, белгісіз таксонды қабылдайтын, бірнеше дерек модальдігін біріктіретін және адам бақылауын жүйенің міндетті бөлігі ретінде сақтайтын модель. Осындай жағдайда AI өсімдіктер систематикасын алмастырмайды, оның дәлелдік ауқымын және зерттеу жылдамдығын арттырады.

ISSN: 3135-1883

Әдебиеттер тізімі

1. Carranza-Rojas, J., Goëau, H., Bonnet, P., Mata-Montero, E., & Joly, A. (2017). Going deeper in the automated identification of herbarium specimens. BMC Evolutionary Biology, 17, 181. https://doi.org/10.1186/s12862-017-1014-z

2. Guo, Y.-Y., Cai, H., Bramley, G. L. C., Atkins, H. J., Li, B., & Theodossiades, S. (2025). A review of artificial intelligence in herbarium specimen image analysis. Artificial Intelligence Review, 58, 402. https://doi.org/10.1007/s10462-025-11408-2

3. Hussein, B. R., Malik, O. A., Ong, W.-H., & Slik, J. W. F. (2022). Applications of computer vision and machine learning techniques for digitized herbarium specimens: A systematic literature review. Ecological Informatics, 69, 101641. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101641

4. Little, D. P., Tulig, M., Tan, K. C., Liu, Y., Belongie, S., Kaeser-Chen, C., Michelangeli, F. A., Panesar, K., Guha, R. V., & Ambrose, B. A. (2020). An algorithm competition for automatic species identification from herbarium specimens. Applications in Plant Sciences, 8(6), e11365. https://doi.org/10.1002/aps3.11365

5. Meineke, E. K., Davies, T. J., Daru, B. H., & Davis, C. C. (2019). Biological collections for understanding biodiversity in the Anthropocene. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 374, 20170386. https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0386

6. Ott, T., Palm, C., Vogt, R., & Oberprieler, C. (2020). GinJinn: An object-detection pipeline for automated feature extraction from herbarium specimens. Applications in Plant Sciences, 8(6), e11351. https://doi.org/10.1002/aps3.11351

7. Pearson, K. D., Nelson, G., Aronson, M. F. J., Bonnet, P., Brenskelle, L., Davis, C. C., Denny, E. G., Ellwood, E. R., Goëau, H., Heberling, J. M., Joly, A., Lorieul, T., Mazer, S. J., Meineke, E. K., Stucky, B. J., Sweeney, P., & White, A. E. (2020). Machine learning using digitized herbarium specimens to advance phenological research. BioScience, 70(7), 610–620. https://doi.org/10.1093/biosci/biaa044

8. Soltis, P. S. (2017). Digitization of herbaria enables novel research. American Journal of Botany, 104(9), 1281–1284. https://doi.org/10.3732/ajb.1700281

9. Takano, A., Moon, H., Shirai, M., Tagane, S., Vasques, D. T., Lee, C.-K., Khan, A., Seo, J., Han, S., Park, C., Lee, J., Akihiro, T., & Kim, S. (2026). Herbarium specimens in the age of artificial intelligence: From herbarium image identification to Integrative Taxonomic AI. Journal of Plant Research. https://doi.org/10.1007/s10265-026-01743-y

10. Takano, A., et al. (2022). Development of a system for the automated identification of herbarium specimens with high accuracy. Scientific Reports, 12, 8066. https://doi.org/10.1038/s41598-022-11450-y

11. Walker, B. E., Tucker, A., & Nicolson, N. (2022). Harnessing large-scale herbarium image datasets through representation learning. Frontiers in Plant Science, 12, 806407. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.806407

12. Wäldchen, J., & Mäder, P. (2018). Plant species identification using computer vision techniques: A systematic literature review. Archives of Computational Methods in Engineering, 25, 507–543. https://doi.org/10.1007/s11831-016-9206-z

13. Weaver, W. N., Ng, J., & Laport, R. G. (2020). LeafMachine: Using machine learning to automate leaf trait extraction from digitized herbarium specimens. Applications in Plant Sciences, 8(6), e11367. https://doi.org/10.1002/aps3.11367

14. Younis, S., Weiland, C., Hoehndorf, R., Dressler, S., Hickler, T., Seeger, B., & Schmidt, M. (2018). Taxon and trait recognition from digitized herbarium specimens using deep convolutional neural networks. Botany Letters, 165(3–4), 377–383. https://doi.org/10.1080/23818107.2018.1446357

15. Younis, S., Schmidt, M., Weiland, C., Dressler, S., Seeger, B., & Hickler, T. (2020). Detection and annotation of plant organs from digitised herbarium scans using deep learning. Biodiversity Data Journal, 8, e57090. https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e57090

ISSN: 3135-1883

Мазмұны | Содержание | Contents

ПЕДАГОГИКА | ПЕДАГОГИКА | PEDAGOGY

М.Ж. Бекжан, В.Н. Есенхан Білім алушылардың зерттеу құзыреттілігін дамытуда IBL әдісінің тиімділігі 4

Z. Serikova Implementing communicative language teaching during a pre-service efl practicum: an action research case study in a kazakhstani secondary school 16

ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ | ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ | NATURAL SCIENCES

Ә.Ғ. Шардарбек, А.К. Артықбай Цифрлық технологияларды пайдалану арқылы биоалуантүрлілікті оқыту әдістемесі 25

Ж.Ж. Рысбекова, М.Н. Мәулен Биологиялық зерттеулердегі жасанды интеллект және цифрлық әдістер 31

А.А. Құдайберген Өсімдіктер систематикасындағы жасанды интеллект цифрлық гербарийлер түрлерді анықтау және таксономиялық зерттеулердің жаңа мүмкіндіктері (әдеби шолу) 41