

https://doi.org/10.51885/3134-8025_IICS_2026_3_9

XFTAP 28.23.25

ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫҚ АЛГОРИТМДЕР НЕГІЗІНДЕ БЕЙІМДЕЛГЕН ОҚЫТУ ЖҮЙЕЛЕРІН ЖОБАЛАУ

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ

DESIGN OF ADAPTIVE LEARNING SYSTEMS BASED ON INTELLIGENT ALGORITHMS

О.О. Садыканова ^{1*}, С.С. Смаилова ¹, С.К. Кумаргажанова ¹, K. Gromaszek ²

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

²Люблин технологиялық университеті, Люблин қ., Польша

*Жауапты автор: Садыканова Орынгуль Орымкановна, e-mail: osadykanova@gmail.com

Түйінді сөздер:

интеллектуалды
алгоритмдер; оқу стилі;
құмырсқалар колониясын
оңтайландыру (АСО);
Байес білімді қадағалау
(ВКТ); оқу траекториясы;
бейімді жүйе,
жекешелендіру

ТҮЙІНДЕМЕ

Технологияның өркендеу дәуірінде білім беру саласында онлайн оқыту басым бағыттардың бірі болып табылады. Онлайн оқытуда интеллектуалды алгоритмдерді пайдалану студенттерге қашықтан білім алуға ғана емес, сонымен қатар олардың жеке ерекшеліктерін ескере отырып, оларға оқытуды бейімдеуге, яғни әрбір студент үшін бірегей оқу траекториясын жасауға мүмкіндік береді. Бұл мақалада студенттердің жеке ерекшеліктерін ескере отырып оқу траекториясын бағыттау / икемдеуді жүзеге асыратын оқуды бейімдейтін интеллектуалды алгоритмдер талқыланады.

Жұмыста авторлар бейімделген оқыту жүйесінің архитектурасын АСО және ВКТ интеллектуалды алгоритмдерінің интеграциясы нәтижесінде жобалаған түпнұсқа әдіснама ұсынады. Ұсынылған архитектура әрбір студенттің жеке сипаттамасына байланысты оқуды бейімдейтін жекелендірілген оқу траекториясын жасауға мүмкіндік береді. Архитектурада бейімді оқытудың негізгі компоненттері: студент моделі, домен моделі және бейімделу моделі сипатталған. Зерттеу нәтижелері ретінде қолданыстағы және ұсынылған интеллектуалды алгоритмдерінің тиімділігі салыстырылады және бағаланады.

Ключевые слова:

интеллектуальные
алгоритмы; стиль
обучения; оптимизация
муравьиной колонии
(АСО); байесовское
отслеживание знаний
(ВКТ); траектория
обучения; адаптивная
система, персонализация

АННОТАЦИЯ

В эпоху технологического прогресса онлайн-обучение является одним из приоритетных направлений в образовании. Использование интеллектуальных алгоритмов в онлайн-обучении позволяет студентам не только получать дистанционное обучение, но и адаптировать его к своим индивидуальным особенностям, то есть создавать уникальную траекторию обучения для каждого студента. В данной статье рассматриваются интеллектуальные алгоритмы адаптивного обучения, которые направляют/адаптируют траекторию обучения с учетом индивидуальных характеристик студентов.



© 2026 О.О. Садыканова, С.С. Смаилова, С.К. Кумаргажанова, K. Gromaszek

Бұл жұмыс Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясы
(CC BY 4.0) бойынша таратылады.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

В работе авторы представляют оригинальную методологию проектирования архитектуры адаптивной системы обучения в результате интеграции интеллектуальных алгоритмов АСО и БКТ. Предложенная архитектура позволяет создавать персонализированную траекторию обучения, которая адаптирует обучение в зависимости от индивидуальных характеристик каждого студента. Архитектура описывает основные компоненты адаптивного обучения: модель студента, доменную модель и модель адаптации. В результате исследования проводится сравнение и оценка эффективности существующих и предложенных интеллектуальных алгоритмов.

Keywords:

intellectual algorithms;
learning style; ant colony
optimization (ACO);
Bayesian knowledge
management (BKT);
learning trajectory; adaptive
system, personalization

ABSTRACT

In the era of technological progress, online learning is one of the priority directions in education. The use of intelligent algorithms in online education allows students not only to receive distance learning, but also to adapt it to their individual characteristics, that is, to create a unique learning trajectory for each student. In this article, intelligent algorithms of adaptive learning are considered, which guide/adapt the learning trajectory taking into account the individual characteristics of students. In the work, the author presents an original methodology for designing the architecture of an adaptive learning system as a result of the integration of intellectual algorithms ACO and BKT. The proposed architecture allows you to create a personalized learning trajectory that adapts learning depending on the individual characteristics of each student. The architecture describes the main components of adaptive learning: the student model, the domain model and the adaptation model. As a result of the study, a comparison and evaluation of the effectiveness of existing and proposed intelligent algorithms is carried out.

КІРІСПЕ

Технологиялық дәуірде оқыту жүйесіне де инновациялық әдістер енгізілуде. Онлайн оқыту платформалары мен мобильді оқыту қосымшаларының белсенді дамуы осының мысалы. Бұл жаңашылдықтар өз кезегінде тек білім беріп қана қоймай, сонымен қатар студенттердің цифрлық технологияларды қолдану дағдыларының дамуын да қамтамасыз етуде. Дегенмен, көптеген қазіргі қолданыстағы жүйелер студенттерге тек бірыңғай оқу материалдарын ұсынуға. Ал әр студенттің оқу ерекшелігін ескермей, тек бәріне бірдей материалдарды ұсыну – бұл берілетін білімнің тиімділігінің төмендеуіне әкеледі. Аталған олқылық электрондық оқыту саласындағы негізгі мәселені тудыруда. Осы мәселенің негізгі шешімі ретінде оқу процесінде әр студенттің жеке ерекшеліктерін ескере отырып оқу материалдарын бейімдейтін бейімді оқыту жүйелерін әзірлеуді атауға болады. Бейімді жүйелердің ерекшелігі – әр студенттің білім деңгейін, жеке ерекшеліктерін, оқу стилін және студенттің тақырыптар бойынша ілгерілеуін талдайтын интеллектуалды алгоритмдерге негізделуі. Интеллектуалды алгоритмдер өз кезегінде студенттерге тақырыпты оқып, оны тексеру жұмысын жүргізіп ғана қоймай, оған күрделі тақырыптарды анықтауға және студент үшін бірегей жекелеңдірілген оқыту траекториясын құруында.

K.Philip (2015) тілді үйрету және оқыту контекстінде «бейімді оқытуды» – оқу материалдарын онлайн жеткізу тәсілі ғана емес, студенттің алдыңғы мазмұнды оқуы және тексеру барысында жіберген қателері келесі берілетін материалдардың сипатын анықтауға, яғни автоматтандырылған, динамикалық және интерактивті процесс арқылы жекелеңдірілген оқу тәжірибесін қалыптастыру деп анықтама береді. M.Liu және басқалар (2017) жүргізген зерттеуінде бейімді оқытудың негізгі артықшылығының деп бейімді оқытуға

негізделген білім беру нәтижесінде химия пәнінен оқушылардың білім сапасының жақсарғанын анықтаған. Nanover Research (2012) зерттеуіне сәйкес, жекеленген бағдарлама бойынша оқыған студенттер дәстүрлі тәсілге негізделген бірыңғай бағдарламамен білім алғандармен салыстырғанда математика мен оқуда үлкен академиялық өсуді көрсеткен. Rincon-Flores (2024) зерттеуінде инновациялық білім беру технологиялары оқу процесін жетілдіріп, жекелендірілген оқытуды қамтамасыз ететіні, ал бұл өз кезегінде студенттердің әрекеті мен үлгеріміне қарай бейімделіп, интеллектуалды алгоритмдер арқылы оқу материалын тиімді ұсынатыны және оқытушының уақытын үнемдейтіні көрсетілген. Зерттеу деректері бойынша бейімді оқыту жүйелерінің артықшылықтары ретінде оның әр студенттің қажеттіліктері мен оқу стилін ескеретін жеке тәсілді, осының нәтижесінде әр студентке арналған жекелендірілген мазмұн оның оқуға мотивациясының арттыратынын атауға болады.

Жүйе толыққанды бейімді оқыту жүйесі болса, онда жүйе мен студент арасында байланыс «бірден-бірге» оқыту үдерісін модельдеуі, яғни жүйе цифрлық технологиялардың артықшылықтарын пайдаланатын жаңа мүмкіндіктер мен функцияларды қамтуы, оқу үдерісі әрбір студент үшін бейімделуі қажет. Жалпы алғанда, бейімді оқыту әрбір студенттің қажеттіліктерін қанағаттандыру арқылы білім беруді тиімді етеді. Бұл зерттеу жұмысы бейімді оқыту принциптеріне сәйкес цифрлық оқыту мазмұнын әзірлеуде қолданылатын интеллектуалды алгоритмдерді талдауға арналған.

ӘДЕБИЕТТІК ШОЛУ

Онлайн білім беру оқу ресурстары пәнді жан-жақты түсінуге ықпал ететін әртүрлі интерактивті материалдарды қамтиды. Дегенмен, олардың көпшілігі студенттердың жеке ерекшеліктерін ескермейді, бұл жүйенің икемсіз болуына әкеледі. С. Chen және басқалар (2015) өз зерттеуінде барлық студенттер үшін материалдардың біркелкі болуы, оқу мазмұнында ақпараттың шамадан тыс көп болуына әкеледі деп көрсеткен. Бұл мәселелердің шешімі - оқу стилін, пән бойынша бастапқы білімді және әр студенттің білім алудағы тұлғалық ерекшелігін ескеретін жеке тәсілді ұсыну, осы деректерді оқу мазмұнын құрылымдау үшін пайдалану, қажетсіз ақпараттан алып тастау және қамтылмаған материалдарды тереңірек беретін жеке траекторияны құру.

Тұлғаның жеке ерекшеліктеріне студенттердің әртүрлі оқу стильдері жатады, сондықтан осы стильдерге сәйкес келетін материалдарды ұсыну маңызды. Осы мақсатта әр кезеңде әртүрлі интеллектуалды шешімдер әзірленіп ұсынылған, мысалы, Y. Semet және Y. Yamont (2003) бейімді педагогикалық жолдар жасауды ұсынса, S.S. Tseng (2007) басшылығымен жүргізген зерттеушілер тұжырымдамалық карталарды автоматты түрде жасауды және M.J. Huang (2007) динамикалық оқыту жүйелерін ұсынған. Ұсынылған жүйелер студенттердің мінез-құлқын талдауға, оқу үлгерімін бағалауға және оңтайлы оқу материалдарын ұсынуға мүмкіндік береді.

Соңғы зерттеулерде бұл жүйелерде интеллектуалды технологиялардың енгізілуі студенттердің оқу стилін талдауға, оқу үлгерімін бағалауға және оқуға тиімді материалдарды ұсынуға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Жасанды интеллекттің онлайн оқыту ортасындағы негізгі қолданылу саласы – бейімді оқыту. Бейімді оқытуда интеллектуалды алгоритмге негізделген жүйелер студенттердің жеке қажеттіліктеріне сәйкес оқыту мазмұнын, күрделілігін және форматтарын олардың білімі, мотивациясы және оқу қарқыны туралы сияқты деректерді пайдалана отырып реттеуге көмектеседі. Мұндай жүйелер әрбір студенттің жетістіктерін, қателіктерін және оқу ерекшеліктерін ескере отырып, жеке ұсыныстар беретіні туралы E.Vovk (2022) және Ж.Сейтахметова (2024) жұмыстарында аталған. Бұл тәсіл онлайн оқытуды оңтайландыруға мүмкіндік береді, яғни әрбір студент үшін ең тиімді оқу жолын ұсынады. Бейімді оқыту жүйесі студенттердің оқу

стиліне сай оқу модельдерін анықтайды және соған сәйкес тиісті оқу траекториясын бейімдейді. М. Pushpa (2012) өзінің «ACO in e-Learning: Towards an adaptive learning path» атты жұмысында топтық оқыту модельдері динамикалық оқу ортасында басқа да ұқсас студенттер үшін жоғары деңгейдегі бейімделуді қамтамасыз ете алатын ұжымдық интеллект түрін білдіретінін атайды. Lin және басқалар (2025) жүргізген зерттеулерінде генеративті жасанды интеллект пен оқыту технологиясының үйлесімі жоғары дербестендірілген оқу жолдарын жасауға қабілетті екенін көрсетті, себебі бұл тәсілде оқу материалдары оқушының түсіну деңгейіне сай автоматты түрде бейімделеді.

Жүйе бейімді оқытуды жүзеге асыра алуы үшін онда студенттердің әр түрлі сипаттамалары, мысалы білім деңгейі сияқты деректер болуы керек. Бұл жүйені сол студентке ыңғайлы материалмен қамтамасыз ету үшін маңызды. Себебі, материалдарды ұсыну туралы шешім пайдаланушының жүйемен өзара әрекеттесуі барысында әртүрлі сипаттамаларын ескеретін бейімделу алгоритміне негізделіп қабылданады. Бұл сипаттамалар пайдаланушының моделін, соның ішінде олардың қызығушылықтарын, оқуға қалауларын және тиімділігін қалыптастырады. N.Koch (2000) еңбектерінде студент жүйемен өзара әрекеттесу барысында студенттің цифрлық моделі құрылып, оқу барысында оның үнемі жаңартылып отыратындығы, сонымен қатар оқу материалдары жүйеленіп, жекелендіріліп, бейімді оқытуды қамтамасыз ететіні туралы айтылған.

Бейімді оқыту принциптерін зерттеген S.Lakkah (2017) және басқалар әртүрлі оқу стиліндегі студенттер тобы үшін тек осы студент үшін пайдалы мазмұнға қалай қосыла алатынын анықтау әр студентке оңтайлы оқу траекториясын қалыптастыруға мүмкіндік беретінін атаған. Осылайша, бейімді оқытудың дәстүрлі онлайн оқытудан негізгі ерекшелігі – тек оқу материалдары қол жеткізуді қамтамасыз ету емес, бұл әрбір студентке ең қолайлы мазмұнды ұсынуға мүмкіндік беретіндігін атауға болады. Көптеген оқытушылар мен зерттеушілер оқу материалдарын әзірлеу кезінде студенттердің ерекшеліктерін және олардың оқу қажеттіліктерін ескерудің маңыздылығын атайды. Бейімді жүйе студенттердің қалауына, білім деңгейіне және оқу стиліне сәйкес келетін білім беру мазмұнын ұсына алуы тиіс екенін S.Ennouamani (2019) жұмыстарында аталған. Сондықтан студенттің жеке оқу стиліне сәйкес келетін түрлі оқу ресурстарын ұсыну өте маңызды екені анық.

Әр адамның ақпаратты қабылдау тәсілі әртүрлі. Мысалы, біреулер ақпаратты көрнекі бейнелер арқылы жақсы меңгерсе, басқалары мәтін және оқу арқылы алу ыңғайлы, кейбіреулерге теорияны оқу түсінікті болса, енді біреулер эксперименттер мен практикалық мысалдар арқылы жақсы меңгереді. Сонымен қатар, әр студенттің білім деңгейі әртүрлі – біреу оқу мазмұнын терең әрі жақсы меңгерген, оларға күрделі мазмұндағы материал қажет, ал кейбіреулерде пән бойынша бастапқы білім деңгейі төмен болуы мүмкін, сондықтан оларға пән бойынша негізгі білім қажет. Осы алуан түрлі оқу стильдері мен бастапқы білім деңгейі әр студенттің жеке қажеттіліктеріне бейімделген тәсілдерді әзірлеуге және енгізуге мүмкіндік береді. Сонымен, оқу стилі бейімді оқыту үрдісінде шешуші рөл атқаратыны және ол әр студенттің жеке ерекшелігін білдіреді.

Эннуамани мен Маханидің (2019) пікірінше, кез келген бейімді оқыту жүйесінің құрылымы үш негізгі компоненттің өзара әрекеттесуіне негізделеді: студент моделі, пәндік модельдер және жүйені бейімдеу модельдері.

Пәндік модель – әртүрлі оқу ұғымдары мен тақырыптарын қамтитын блоктардан тұратын логикалық құрылымға ұйымдастырылған білім жиынтығы. Бұл блоктар жаттығулар, түсіндірмелер немесе тесттер сияқты әртүрлі әдістерден құрылымдалған және олардың әрқайсысында адамдар, компьютерлік жүйелер де ақпаратты өңдеу үшін пайдалана алатын бірегей идентификатор бар. Жүйе пәннің әртүрлі элементтерін біріктіруге және олардың арасында ауысулар жасауға мүмкіндік береді. Блоктар тиімді

оқытуға жағдай жасау мақсатында тиісті ретпен логикалық құрылымда орналасуы қажет. Бұл реттілігі үйлесімді кодтау үшін арнайы стандарттар қолданылады. Электронды оқыту мазмұнын құрылымдаудың ең танымал стандарттарына SCORM, xAPI, IMS Global Learning Consortium және AICC атауға болады. Ch. Benabdellah (2013) және О. Садыканова (2024) зерттеулерінде осы стандарттарға талдау жасалған.

Ү.Ү. Dyulichева (2019) жұмысында студент моделін электрондық портфолио немесе сауалнама арқылы қалыптастыруға болатынын айтса, F. Sadaeva (2024) оқу стилін ескеретін цифрлық модель оқуды бейімдеуде жоғары нәтиже көрсететінін атаған. Осы деректер негізінде студенттің білім деңгейін, оқу стилін және қалауларын, сондай-ақ материалды меңгеру ерекшеліктерін (мысалы, жиі жіберілетін қателер, тапсырмаларды орындау жылдамдығы және мотивация) қамтитын цифрлық модель құрылады. Студент моделі арқылы жүйе болашақта студенттің оқу үдерісін бейімдеуге мүмкіндік алады, сонымен қатар әр студенттің жеке қажеттіліктеріне сай келетін жеке оқу траекториясын құратын болады. Студент моделі Masood (2023) және басқалар көрсеткендей, студенттердің оқудағы кездесетін қиындық үлгілерін ертерек анықтап, осы үлгілер негізінде жеке оқу траекториясын құрайды.

Н.М. Truong (2015) әртүрлі оқу стильдерін түсіну арқылы бейімдеу жүйесі жекелендірілген оқу траекторияларын әзірлеу және жеткізу құралдары бойынша әдістеме ұсынады. Бейімді оқу жүйесінің тұжырымдамасы негізгі білімді және қабылдау, интеллект және мотивация сияқты жеке сипаттамаларды талдауға негізделген.

Жүйені бейімдеу моделі деректерді талдау әдістері мен алгоритмдеріне негізделеді, онда ұмыту қисығы және итеративті тәсіл қолданылады. Бұл алгоритмдер әртүрлі оқу траекторияларын құрып, студентке ең қолайлысын ұсынады. Оқытудың оңтайлы ретін автоматты түрде анықтау үшін динамикалық бұлдыр желілер (dynamic fuzzy networks), көпкритерийлі шешім қабылдау жүйелері (multi-criteria decision-making systems), құмырсқа колониясы алгоритмдері (ant colony systems), генетикалық алгоритмдер (genetic algorithms), нейрондық желілер (neural networks), машиналық оқыту (machine learning) және Байес білімді бақылау (Bayesian knowledge tracing) әдістері қолданылады.

Бейімдеуді жүзеге асыруға арналған оқыту алгоритмдері студенттердің жеке ерекшеліктерін ескереді, олардың оқу үлгерімі мен оқу стилін талдай отырып, оқу үдерісін жекелендіріп, тиімді етеді. Білім беру ортасында оқытушылар материалдарды (пәндік модельдер) цифрлық платформаларға жүктейді, ал студенттер осы материалдарды өз беттерімен оқиды, ал интеллектуалды алгоритмдер студенттің ерекшеліктерін ескере отырып, тиімді қабылдауға арналған оқу материалдарын ұсынады, өтілген тапсырмаларды орындаған соң келесі қадамды бастауда оқытуды бейімдейді. Fuller және басқалар (2020), интеллектуалды алгоритмдер оқушыларға нақты уақыт режимінде деректерді талдау және кері байланыс арқылы динамикалық және қауіпсіз оқу ортасын құрылады деп көрсетсе, Dang және басқалар (2021) осы кері байланыс арқылы жекелендірілген оқу стратегиялары мен оқыту жоспарлары ұсынылатынын атаған. Келесі кестеде оқу үдерісін бейімдеу үшін қолданылатын білім беру платформалары мен оларда қолданылатын алгоритмдер көрсетілген.

1-кесте. Онлайн оқыту платформалары және оларда қолданылатын алгоритмдер

Платформа	Қолданылатын алгоритм	Алгоритм сипаттамасы
Khan Academy	Машиналық оқыту алгоритмдері	Сабақтарды, тесттерді және басқа деректерді талдап, мазмұн мен ұсыныстарды жеке тұлғаға бейімдейді.
Duolingo	Бұлыңғыр логика және машиналық оқыту алгоритмдері	Нәтижелерді бағалап, жетістіктер мен тәжірибеге негізделіп материалдың күрделілігін бейімдейді.

1-кестенің соңы

Платформа	Қолданылатын алгоритм	Алгоритм сипаттамасы
Coursera	Пайдаланушының мінез-құлқын талдау және рейтингтеу алгоритмдері	Қызығушылықтар мен қалауларына қарай жеке курстарды ұсынады.
Smart Sparrow	Бұлыңғыр логика, машиналық оқыту және интеллектуалды агенттер	Студенттің прогресіне байланысты мазмұнды нақты уақыт режимінде бейімдейді.
Plario.ru	Байес білімді бақылау және генетикалық алгоритм	Білімдегі олқылықтарды анықтап, студенттің цифрлық егізін жасап, материалды меңгеру деңгейін болжайды.
Beiym.ai	Генетикалық алгоритм	Жасанды интеллект көмекшісі сұрауларды талдап, тапсырмалар мен материалдарды бейімдеп, оқытуды жеке тұлғаға сәйкестендіреді.

Кестеден заманауи танымал онлайн оқыту жүйелері студенттерге оқыту материалдарын оқушының жеке тұлғалық ерекшеліктеріне сай бағыттайтын бейімдеу және талдау алгоритмдері пайдаланылуда екені көрінеді.

Бұл зерттеу жұмысы BKT (Bayesian Knowledge Tracing) және ACO (Ant Colony Optimization) алгоритмдерін біріктіріп, бейімді оқытуды зерттеуге бағытталған. Сондықтан осы жүйелерде қолданылған BKT және ACO алгоритмдеріне тоқтала кетейік. Онлайн оқытуда интеллектуалды алгоритмдерді зерттеген W.J.Hawkins (2014) және А.Бектенова (2024) BKT, ACO және бұлыңғыр логика алгоритмдерінің тиімділігін өз жұмыстарында көрсеткен. BKT студенттің белгілі бір дағдылар жиынтығын меңгергенін (яғни, элементтерді немесе тапсырмаларды дұрыс орындағанын) анықтау үшін пайдаланылған. Зерттеушілердің көрсетуінше BKT осы салада сәтті модельге айналып, айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізген. Сонымен қатар, ACO алгоритмін қолданған жүйелер оптималды оқыту жолдарын табуда құмырсқалардың мінез-құлқын модельдей отырып, топтық интеллектіні қолданған. Жүйедегі түйіндер оқыту элементтерін (сабақтар, жаттығулар, тесттер) білдіреді, ал олардың арасындағы байланыстар келесі оқыту кезеңін таңдау ықтималдығын көрсететін салмақтарға ие. ACO алгоритмі осы салмақтарды оңтайландырып, студенттерге ең тиімді оқу жолын табуға көмектеседі. Жүйедегі феромондар студенттердің жетістіктері мен сәтсіздіктерін бейнелейді, бұл оқыту жолын сәйкесінше бейімдеуге мүмкіндік береді. Кестеде студенттің жеке оқу траекториясын жасауда BKT және ACO алгоритмдері онлайн оқытуда бейімдеуді қамтамасыз ететінін көруге болады.

Бейімді оқытуда студенттің оқуының жеке траекториясын құру маңызды. Келесі кестеде жекелендіруді құрудағы негізгі критерийлерге сай оқытуды бейімдейтін алгоритмдердің салыстырмалы ерекшеліктері келтірілген:

2-кесте. Интеллектуалды алгоритмдердің салыстырмалы сипаттамалары

Критерий	Қолданыстағы бейімді жүйелер (Coursera, Duolingo)	ACO және BKT біріктіруімен жасалған жүйе
Білімдегі олқылықты бейімделу	Диагностика жүргізіледі, бірақ әрдайым терең емес	Толық студент моделі (цифрлық егіз) құрылып, терең диагностика жасалады



2-кестенің соңы

Критерий	Қолданыстағы бейімді жүйелер (Coursera, Duolingo)	АСО және ВКТ біріктіруімен жасалған жүйе
Оқыту траекториясын құру	Өткен тәжірибеге немесе жалпы талғамдарға негізделген	Әрбір студентке жеке оқу жолын (траектория) жасау
Процесс барысында жолды бейімдеу	Көбінесе қолмен реттеуді немесе шектеулі автоматты қайта құрылымды қажет етеді	Студент әр дұрыс/қате әрекет жасаған сайын траекторияны автоматты бейімдеу
Интеллектуалды навигация	Тапсырмалар реттілікпен немесе деңгей бойынша ұсынылады	Мақсатқа жетудің оңтайлы жолын таңдау: жүйе студент үшін ең тиімді тапсырмаларды таңдайды
Жеке ерекшеліктерді ескеру	Кейбір платформаларда ішінара жүзеге асырылған (мотивация, стиль, қызығушылықтар)	Көп факторлы интеграция: білім деңгейі, қабылдау стилі, интеллект типі, мотивация

Кестені талдай келе келесі қорытындыны жасауға болады: АСО және ВКТ алгоритмдері бейімді оқыту жүйелерінде кеңінен қолданыла бастаған, ал оларды біріктіру оқытуды бейімдеуде, әсіресе әр студент үшін динамикалық жеке траектория құруда жоғары тиімділікті көрсете алады.

Авторлар ұсынып отырған тәсілдің ғылыми жаңалығы әр студенттің білім деңгейі, оқу қарқыны және сабақты қабылдау ерекшелігіне байланысты оқу мазмұнын динамикалық бейімдеу үшін АСО және ВКТ алгоритмдерінің комбинациясын қолдануда жатыр. Бұл нақты уақыт режимінде әр студент үшін жеке оқыту траекторияларын қалыптастыруға мүмкіндік береді, ВКТ әр жауаптан кейін оқу ықтималдығын жаңарту үшін пайдаланылса, ал АСО ең тиімді оқыту жолын құру үшін қолданылады.

ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Зерттеудің әдіснамалық негізі білімді талдау және басқару әдістеріне негізделген, бұл өз кезегінде бейімді оқыту үшін интеллектуалды алгоритмдерін қолданып, білім беру мазмұнын әзірлеу және бағалаудың кешенді тәсілін ұсынады. Зерттеу барысында келесі негізгі бағыттар жүзеге асырылады:

- Бейімді оқытуда қолданылатын интеллектуалды алгоритмдерді зерттеу – әрбір студентке жеке оқу траекториясын құрастыруда олардың жеке ерекшеліктерін (оқу стилі, бастапқы білім және т.б.) ескеретін танымал онлайн оқыту платформаларын және олардағы қолданылатын интеллектуалды алгоритмдерді талдау және салыстыру.
- Бейімді оқыту тұжырымдамасын әзірлеу және оның негізгі компоненттерін, олардың өзара байланысын және функционалдық ерекшеліктерін анықтау.
- Электронды ортада оқу траекторияларын оңтайландыру және оқуды бейімдеу үшін АСО және ВКТ алгоритмдерінің үйлесімін зерттеу.
- Жеке студент деректеріне – білім деңгейі, қабылдау стилі және оқу стиліне негізделген жеке оқу траекторияларын қалыптастыруға мүмкіндік беретін архитектуралық шешімді әзірлеу.
- АСО және ВКТ интеллектуалдық алгоритмдерінің үйлесімінің нәтижесін бағалау үшін виртуалды студенттердің (білім деңгейі және оқу стилі әртүрлі) бейімді оқыту жүйесінде білім алуына эксперимент жүргізу.

Виртуалды студенттердің параметрлері кездейсоқ генерациялау әдісі арқылы қалыптастырылды. Әрбір виртуалды студенттің келесі сипаттамалар кездейсоқ тағайындалады: бастапқы білім деңгейі (0.2–0.8 аралығы), оқу стилі (визуалды, мәтіндік, практикалық немесе аралас), тапсырмаларды орындау жылдамдығы (төмен, орташа, жоғары), дұрыс жауап беру ықтималдығы және жаңа білімді меңгеру коэффициенті. Бастапқы білім деңгейі мен дұрыс жауап беру ықтималдығы өзара байланысты түрде модельденді. Генерацияланған параметрлер әр студент үшін жеке профиль қалыптастырып, эксперимент барысында ВКТ алгоритмінің бастапқы параметрлері ретінде пайдаланылды.

Студенттердің оқу стильдерінің әртүрлілігі мен бастапқы білім деңгейі олардың жеке қажеттіліктеріне сәйкес келетін тәсілдерді қалыптастыруға мүмкіндік береді, соның нәтижесінде әр студентке жеке оқу траекториясын құру мүмкін болады. Бейімделген оқыту процесінде оқу стильдері студенттердің жеке ерекшеліктерін айқындайтын маңызды фактор болып табылады.

Бейімді оқытудың тағы бір ерекшелігі ретінде студенттің қателіктер жіберсе де оқуының жалғастыратынын, ал жүйе келесі бөлімдерде игерілмеген тақырыптарға оралу арқылы процесті бейімдеп, әрбір студенттің өзінің ерекше ерекшеліктерін ескеретін жеке оқу траекториясын ұсынатынын айтуға болады. Нәтижесінде, курстың соңында материал толығымен игеріледі және оқу барынша табысты болады.

Электронды оқыту ортасында материалдардың осындай икемділігі мен бейімделуін қамтамасыз ету үшін платформалар әртүрлі алгоритмдер қолданады. Авторлар ұсынған жұмыста бейімді оқытуды жүзеге асыруда құмырсқа колониясы және ВКТ алгоритмдері қолданылған.

Білімдерді бақылауға арналған Байес білімді бақылау (ВКТ) әр тақырып бойынша студенттің ағымдағы білімін бағалау және студенттер тапсырмаларды орындағаннан кейін ықтималдықтарды жаңартады. O.Bulut (2023) ВКТ үшін келесі параметрлерін ұсынады:

- P(белгілі): студенттің дағдыны білу ықтималдығы.
- P(үйренеді): студенттің келесі жаттығу барысында дағдыны үйрену ықтималдығы.
- P(сырғу): студенттің дағдыны білгеніне қарамастан қате жауап беру ықтималдығы.
- P(болжау): студенттің дағдыны білмесе де, дұрыс жауап беру ықтималдығы.

Студенттің оқу жолдарын оңтайландыруға арналған құмырсқа жолын бейнелейтін алгоритм оларға оқу үдерісін барынша арттыру үшін ең жақсы тапсырмалар жиынтығын таңдауға көмектеседі. Осы бағытта бірнеше зерттеулер жасаған S. Lakkah (2017), M. Pushpa (2012) еңбектерінде құмырсқа колониясы алгоритмінің негізгі элементтерді және оларда қолданылатын формуланы келесідей сипаттаған:

- Феромондар (S, F): тапсырмалардың тиімділігін сипаттайды.
 - табысты орындалған тапсырмалар феромон деңгейін арттырады;
 - қателіктер феромон деңгейін төмендетеді;
- Эвристикалық ақпарат: тапсырманың күрделілігі мен оқу процесіне қосқан үлесін сипаттайды.
- Феромонның булануы: уақыт өте келе феромон деңгейінің төмендеуі, бұл жүйені локалды оптимумда қалып қоядан сақтайды.

АСО оқу моделінде әрбір студенттің оқуы график бойында қозғалатын «құмырсқа» ретінде бейнеленеді. Олар жаттығуларды орындаған кезде «табысты феромондар» (S) немесе «сәтсіздік феромондарды» (F) қалдырады, бұл болашақта тиімді оқу жолын таңдауға әсер етеді.

Табысты феромондарды (S) және сәтсіз феромондарды (F) анықтау үшін феромонның булану формуласы қолданылады.

Табысты феромондар (S) үшін феромонның булану формуласы:

$$S_t = \tau^x S_{t-1} \quad (1)$$

Сәтсіз феромондардың (F) булану формуласы:

$$F_t = \tau^x F_{t-1} \quad (2)$$

S_t – табысты орындаулар саны;

F_t – қателер саны;

t – булану жылдамдығы, жүйенің негізгі параметрі;

τ – булану жылдамдығын реттеу үшін қолданылатын тұрақты;

x – осы түйінге соңғы рет барғаннан немесе булану кезеңінен бері өткен уақыт, булану қаншалықты жиі есептелетінін көрсетеді, мұнда оқу процесінде тұрақты болып қалады.

Булану кезінде F. Sabry (2022) көрсеткендей өткен тәжірибелердің әсерінен феромондар қарқындылығы біртіндеп азая отырып таралады. Феромонның булануы жергілікті оптимумда тұрып қалудың алдын алады және олардың деңгейі үнемі жаңартылып отырады.

Қозғалыс тарихы (H) түйінге бару жиілігін есепке алуға көмектеседі, бұл бұрыннан меңгерілген тақырыптарды қайта қарау ықтималдығын азайтады. Түйін расталған сайын, дерекқордағы әрбір «құмырсқа» үшін H тарих айнымалысы жасалады және сақталады, ол бастапқыда сәтті растау жағдайында $h_1 = 0,5$ және сәтсіздік жағдайында $h_2 = 0,75$ болып орнатылады. Бұл мән кейінірек сол түйінге қайта бару ықтималдығын азайту үшін көбейткіш ретінде пайдаланылады. Қайта қарау орын алғанда, H қайтадан h_1 немесе h_2 -ға көбейтіледі. S және F сияқты, H да уақыт өте келе буланып, біртіндеп 1-ге оралады:

$$H_t = H_{t-1} \left(1 + \frac{1 - H_{t-1}}{H_{t-1}} \cdot \frac{1 - e^{-\tau x}}{1 - e^{-\alpha x}} \right) \quad (3)$$

мұндағы τ – булану жылдамдығын реттеу үшін қолданылатын тұрақты шама, ал x -өсі түйінге соңғы рет барғаннан бері өткен уақыт мөлшері. τ студенттердың есте сақтау қабілетінің өзгергіштігіне сәйкес калибрленуі керек:

$$\tau = \frac{1}{x} \ln \left(\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha} \right) \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{H_t - H_{t-1}}{1 - H_{t-1}} \quad (5)$$

«Материалды ұмыту» нені білдіретіні анықталды делік. Мысалы, егер бастапқыда $H_{t-1} = 0,5$ (бір рет сәтті орындалған) болатын жаттығу үшін H мәні қайтадан $H_{t-1} = 0,9$ -ға дейін өссе, бұл $\alpha \approx 2,2$ болады. Бұл жағдайда эксперт (мұғалім) тек «материалды ұмытуға» кететін уақытты бағалауы жеткілікті — мысалы, бір апта ($x = 604800$ сек, $\tau \approx 3,6E - 6$ береді).

$f(a)$ бейімділік функциясы (fitness function / фитнес функция) жетістіктерді, қателерді және мұғалімнің ұсыныстарын ескере отырып, оқытудың оңтайлы траекториясын анықтайды. Жүйе динамикалық түрде бейімделіп, студенттің оқу жолын барынша жоғары нәтижеге жету үшін түзетіп отырады.

$$f(\alpha) = H(\varpi_1 W + \varpi_2 S - \varpi_3 F) \quad (6)$$

Бейімділік мәні неғұрлым жоғары болса, сәйкес келетін байланыс (edge) соғұрлым «тартымды» болады, демек, оны студентке ұсыну ықтималдығы да жоғарылайды. Байланыс келесі жағдайларда тартымды болып саналады:

- Оның соңғы нүктесі бұрын қарастырылмаған немесе өте ұзақ уақыт бұрын қарастырылған (H мәні 1-ге жақын);
- Мұғалімдер тарапынан қолдау бар (W жоғары);

- Осы байланыс төңірегінде табысты орындаулар көп (S жоғары);
- Қателер саны аз (F төмен).

Сонымен қатар, әртүрлі факторлардың салыстырмалы әсерін ω_i мәндерін реттеу арқылы реттеуге болады. Түйін расталғаннан кейін, одан шығатын байланыстар есептелген бейімділік мәні бойынша сұрыпталады. Кейін сипатталған таңдау әдістерінің бірін қолдану арқылы бір байланыс таңдалып, студентке келесі сабақ ретінде ұсынылады.



1-сурет. АСО және ВКТ алгоритмдеріне негізделген бейімді оқыту жүйесінің архитектурасы

Ұсынылған архитектурада ВКТ және АСО алгоритмдері бірігіп жұмыс істейді. Алдымен студент жүйеге кірген кезде бастапқы диагностика жүргізіледі, яғни, оның білім деңгейі, оқу стилі және бастапқы сипаттамалары анықталады. Осы мәліметтер негізінде студент моделі қалыптасады.

Студент әр тапсырманы орындаған соң оның нәтижелері белсенділік модуліне жіберіледі. Бұл модуль орындалған тапсырмалар, дұрыс және қате жауаптар, әрекет ету уақыты және әрекеттер тарихы туралы мәліметтерді жинақтайды және оларды ВКТ алгоритміне береді. ВКТ алгоритмі әр тапсырмадан кейін студенттің белгілі бір тақырыпты меңгеру ықтималдығын қайта есептейді және жаңартылған білім моделін қалыптастырады. Жаңартылған білім ықтималдықтары бейімделу модуліне жіберіліп, АСО алгоритмінің кіріс параметрлерінің бірі ретінде пайдаланылады. АСО алгоритмі пәндік модельдегі оқу графын талдап, феромон деңгейлерін, тапсырмалардың күрделілігін, мұғалімнің ұсыныстарын және ВКТ анықтаған білім деңгейін бірге есепке ала отырып келесі оқу элементін таңдайды.

Таңдалған, яғни бейімделген оқу материалы қайтадан студентке ұсынылады. Студент келесі тапсырманы орындағаннан кейін жаңа нәтижелер қайтадан ВКТ алгоритміне беріледі. Осылайша жүйеде «Студент → ВКТ → АСО → жаңа оқу материалы → Студент» түріндегі үздіксіз кері байланыс циклі қалыптастырады, бұл оқу траекториясын нақты уақыт режимінде динамикалық түрде бейімдеуге мүмкіндік береді.

Сонымен, жүйеде ВКТ студенттің бастапқы білімін бақылайды, әр тақырыпты меңгергеннен кейінгі ағымдағы білім деңгейін бағалайды және тапсырмалар орындалған



соң ықтималдықтарды жаңартады, ал АСО алгоритмі пәндік аймақ, оқу модельдері және бейімделу деректерін пайдаланып, ең тиімді оқу бағытын есептейді. Нәтижесінде жүйе студентке бейімделген мазмұн ұсынып, жеке оқу траекториясын қалыптастырады. Осылайша, жүйе алгоритмдер негізінде студенттің оқу стиліне қарай автоматты түрде бейімделеді.

Архитектурадағы компоненттер арасындағы деректер алмасуы келесі реттілікпен жүзеге асырылады: пайдаланушы интерфейсінен алынған әрекеттер белсенділік модуліне беріледі, одан кейін студент моделінде жинақталады. Студент моделі ВКТ алгоритміне ағымдағы білім күйін бағалау үшін беріледі. ВКТ нәтижесінде алынған жаңартылған білім ықтималдықтары бейімделу модуліне жіберіледі, ал бейімделу модулі бұл ақпаратты АСО алгоритміне береді. АСО алгоритмі пәндік модельдегі оқу графын қайта бағалап, келесі ұсынылатын оқу элементін анықтайды. Соңында таңдалған оқу материалы қайтадан пайдаланушы интерфейсі арқылы студентке ұсынылады.

Жоғарыдағы архитектураны іске асыру үшін Python кодының фрагменттері:

Студент профилін құрастырудың программалық коды:

```
input_data = {  
    "student_id": id,  
    "task_id": task,  
    "result": correct/incorrect,  
    "time_spent": t,  
    "attempts": n  
}
```

Білім ықтималдығының жаңарту коды:

```
P(Knowledge | Observation)  
student_knowledge[skill] = updated_probability
```

Оқу графын құрастыру коды:

```
Graph G:  
Nodes = topics/tasks  
Edges = transitions  
Weights = {pheromone, difficulty, success_rate}
```

Әрбір оқушы = «құмырсқа»

Келесі түйінді (тақырыпты) таңдаудың коды:

$$P(i \rightarrow j) \propto (\text{pheromone}_{ij}^{\alpha}) * (\text{heuristic}_{ij}^{\beta})$$

мұндағы:

- pheromone → оқушының жетістігі
- heuristic → тапсырманың күрделілігі, маңыздылығы

Фитнес функциясының коды:

$$\text{fitness} = w1*S - w2*F + w3*H + w4*W$$

мұндағы:

- S — табыс
- F — қателіктер
- H — ұмыту
- W — мұғалімнің ұсыныстары

Ұсыныс генерациялаудың коды:

```
next_task = argmax(fitness(edge))
```

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Эксперименттің мақсаты АСО және ВКТ алгоритмдерін интеграциялау негізінде ұсынылған бейімді оқыту жүйесінің архитектурасының тиімділігін бағалау болды. Валидация осы алгоритмдердің үйлесімі оқу траекторияларын жекешелендіруді қалай жақсартатынын және білім беру процесін қалай оңтайландыратынын көрсетуге бағытталған.

Бұл зерттеу виртуалды моделдеу ортасында жүргізілді, себебі жұмыстың негізгі маөсаты ұсынылған архитектурадағы АСО және ВКТ алгоритмдерінің өзара әрекеттесуінің тиімділігін бағалауда еді. Виртуалды модельдеу білім алушылардың әртүрлі бастапқы параметрлерін ескере отырып, оқу сценарийлерін түрлі жағдайларда орындауға және алгоритмдердің бейімделу механизмдерін салыстыруға мүмкіндік береді. Сонымен бірге, ұсынылған архитектура LMS платформаларына енгізуге бейімделген. Жүйе студенттердің тест нәтижелерін, тапсырмаларды орындау уақытын және оқу барысын ескеріп бейімделуді жүзеге асырады. Болашақ зерттеулер ұсынылған модельді нақты білім алушылардың деректері негізінде тексеруге және LMS платформаларымен интеграциялауға бағытталатын болады.

Модельдеуге әртүрлі білім деңгейлері мен оқу стильдері бар отыз виртуалды студенттен тұратын топ қатысты. Әрбір студент әртүрлі күрделіліктегі жиырма оқу модулінен тұратын бейімді жүйемен әрекеттесті. Бұл экспериментте ВКТ алгоритмі әрбір орындалған тапсырмадан кейін білім алу ықтималдығын үнемі жаңартып отырды, ал АСО алгоритмі жаңартылған ықтималдықтар мен феромон іздеріне сәйкес тақырыптардың тізбегін динамикалық түрде оңтайландырды.

Экспериментте қолданылған параметрлер келесідей болды:

- Булану коэффициенті (evaporation rate): $\tau = 3.6 \times 10^{-6}$
- Сәттілік кезіндегі феромондарды күшейту: $S = 0.8$
- Қателік кезіндегі феромонді азайту: $F = 0.2$

ВКТ параметрлері:

- Бастапқы білім ықтималдығы: $P(\text{known}) = 0.6$
- Үйрену ықтималдығы: $P(\text{will learn}) = 0.3$
- Қателесу ықтималдығы (slip): $P(\text{slip}) = 0.1$
- Дұрыс жауапты кездейсоқ табу ықтималдығы (guess): $P(\text{guess}) = 0.15$

Ұсынылған модельдің тиімділігін бағалау үшін келесі көрсеткіштер қолданылды:

1. Бейімделу тиімділігі (Adaptation Efficiency, AE) – білім алушының әрекеттеріне сәйкес динамикалық түрде өзгертілген тапсырмалар пайызы (T.Wang(2007) және H. M.Truong (2015) еңбектерінде).

2. Білімді сақтау (Knowledge Retention, KR) – бастапқы тест (pre-test) пен қорытынды тест (post-test) нәтижелерінің айырмашылығы арқылы анықталатын білім деңгейінің өсуі (O.Bulut (2023) еңбектерінен)

3. Жолды оңтайландыру коэффициенті (Path Optimization Rate, POR) – статикалық жүйемен салыстырғанда артық оқу қадамдарының қысқару деңгейі.

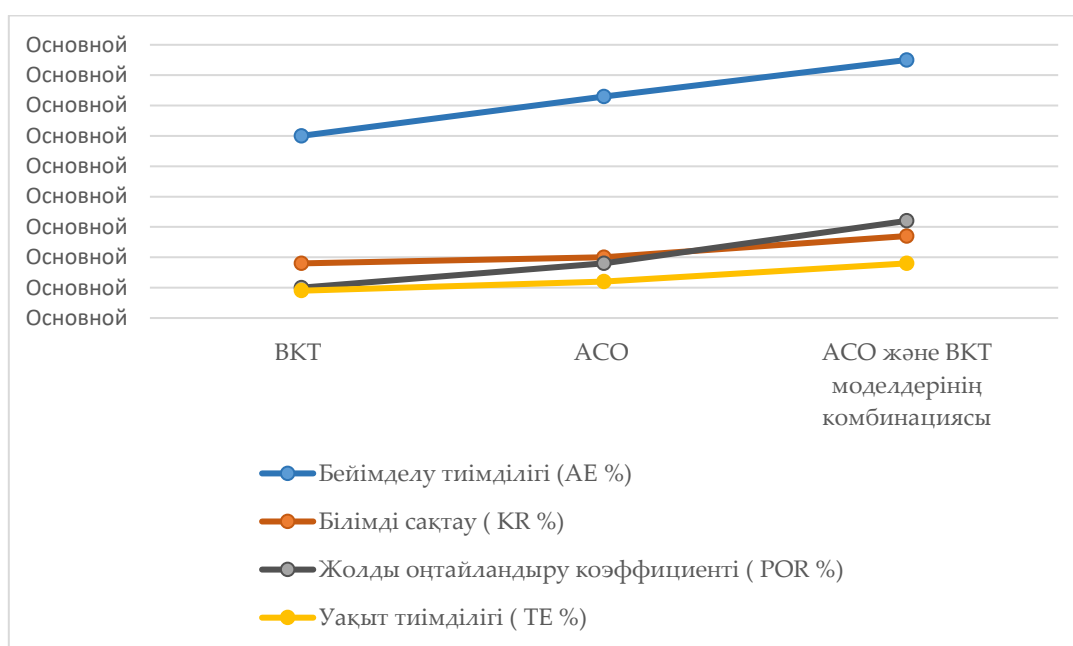
4. Уақыт тиімділігі (Time Efficiency, TE) – барлық модульдерді орындауға кететін орташа уақыттың қысқаруы (C.Chen және басқалар (2015) және S. Lakkah еңбектерінен (2017)).

Эксперимент нәтижелері талданып, әрбір студенттің әрбір көрсеткіш бойынша орташа мәндері есептелді. Ұсынылған модельдің тиімділігін бағалау үшін алынған нәтижелер ВКТ және АСО алгоритмдері жеке және олардың комбинациясы салыстырылды. Бұл зерттеу виртуалды модельдеу сипатында болғандықтан, статистикалық бағалау сипаттамалық деңгейде жүргізілді. Болашақ зерттеулерде нақты білім алушылардың деректері негізінде нәтижелердің статистикалық маңыздылығын бір факторлы дисперсиялық талдау арқылы бағалау жоспарланып отыр.

Әр студент үшін он бейімделген итерациядан кейін жүйе тек бір ғана алгоритмді қолданатын жүйелермен салыстырғанда барлық көрсеткіштер бойынша айтарлықтай жақсаруды көрсетті.

3-кесте. Алгоритмдердің эксперименттік сипаттамасы

Модель	Бейімделу тиімділігі (AE %)	Білімді сақтау (KR %)	Жолды оңтайландыру коэффициенті (POR %)	Уақыт тиімділігі (TE %)
ВКТ	60	18	10	9
АСО	73	20	18	12
АСО және ВКТ моделдерінің комбинациясы	85	27	32	18



2-сурет. АСО және ВКТ алгоритмдері және олардың комбинациясының салыстырмалы диаграммасы

Нәтижелер АСО және ВКТ алгоритмдерінің комбинациясынан жасалған гибриді модел жоғары тиімділік көрсеткенін дәлелдейді, әсіресе бейімделу жылдамдығы мен білімді сақтау көрсеткіштері бойынша. ВКТ мен АСО интеграциясы жүйенің үздіксіз бейімделуін қамтамасыз етіп, білім алушының оқу траекториясын тиімді модельдеуге мүмкіндік берді. ВКТ компоненті нақты уақыт режимінде оқу мазмұнын жаңартып ұсынса, АСО осы жаңартулардан алынған эвристикалық ақпаратты пайдаланып, ең тиімді тапсырмалар тізбегін анықтаған. Бұл өзара әрекеттесу жеке оқу траекториясын үздіксіз жақсартуға мүмкіндік беретін кері байланыс нәтижесінде оқуды бейімдеуді іске асырады.

Ұсынылған тест модельдеу ортасында жүргізілгеніне қарамастан, алынған нәтижелер ұсынылған тәсілдің нақты электрондық оқыту жүйелерінде қолдану үшін жоғары әлеуетке ие екенін көрсетеді. Болашақ зерттеулер осы гибриді модельді қолданыстағы бейімделген оқыту платформаларына енгізуге және оның тиімділігін нақты студенттердің деректері негізінде тексеруге бағытталады. Бұл өз кезегінде жүйенің ауқымдылығын (scalability) және сенімділігін (reliability) бағалауға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі заманғы электрондық оқыту жүйелері оқуды бейімдеуге бағытталған, яғни оқу әрбір студенттің жеке ерекшеліктерін ескеруге көмектеседі. Барлық бейімді платформалар өз жұмысын студентті диагностикалаудан бастайды, бұл бастапқы білімді анықтау және білім деңгейін, оқу стилін және басқа да сипаттамаларды қамтитын студент моделін құру барысында студенттің біліміндегі олқылықтарды анықтау және оның ерекшеліктерін дерекқорға енгізу. Осы деректерге сүйене отырып және студенттің оқу барысындағы қажеттіліктеріне мән бере отырып оған арналған жеке траекторияны құру. Бұл зерттеуде осы оқу траекториясын іске асыру үшін интеллектуалды алгоритмдер – Байес білімді бақылау (ВКТ) және құмырсқа колониясын оңтайландыру алгоритмін (АСО) пайдалан қарастырылған. Бұл алгоритмдер оқу үрдісін динамикалық түрде реттеуге бағытталған, студенттің тапсырмаларды сәтті орындауы немесе жіберген қателіктеріне байланысты оқу траекториясы қайта құрастырылады, нәтижесінде студент алдыңғы тақырыпты оқуда жіберген қателіктеріне қайта оралып, оны түзетуге мүмкіндік алады. Бұл білімді тексеру кезінде жіберілген қателіктерді талдау және оқу стиліне ең қолайлы материалдарды ұсыну арқылы студенттің білімін толықтыруды қамтамасыз етеді.

Өзірленген оқу жүйесінің архитектурасы оқуға бейімделу тәсілін тиімді түрде жүзеге асырады. Архитектурадағы пәндік модель оқу материалдарын қамтыса, студент моделі алдымен ол туралы ақпаратпен, ал оқу барысында ВКТ және АСО алгоритмдерінің негізінде студенттің оқу барысындағы белсенділігін байланысты динамикалық түрде өзгеріп отырады. Бұл құрылым тек жекелендірілген оқыту траекториясын ғана ұсынып қоймай, сонымен қатар оқуды динамикалық бейімдейді. Оқу мазмұны оқу мақсаттарына сәйкес басқарылатын мазмұннан тұрады, бұл жүйеге тиісті ресурстарды ұсынуға мүмкіндік береді. Ұсынылған модельдің тиімділігін болжамды нәтижелерге сүйене отырып көрсету үшін эксперименттік зерттеулер жүргізілді.

Зерттеу барысында ұсынылған бейімді жүйе келесі артықшылықтарды көрсетті:

- Әр студентке жеке оқу траекториясын жасау арқылы білім алуды жекешелендіру;
- Студенттің білім деңгейі мен оқу стилін ескере отырып динамикалық бейімдеу;
- Қате әрекеттер мен жетістіктерді ескере отырып оқыту процесін оңтайландыру;
- Оқу тиімділігін, уақыт тиімділігін және білімді сақтау көрсеткіштерін арттыру.

Қорытындылай келе, интеллектуалды алгоритмдерге негізделген бейімді оқыту жүйелері дәстүрлі онлайн оқытумен салыстырған, әр студент үшін тиімді, жекелендірілген және динамикалық оқу тәжірибесін қамтамасыз етеді. ВКТ және АСО алгоритмдерін біріктіру бұл үдерісті автоматтандырып, оқу траекторияларын нақты уақыт режимінде оңтайландыруға мүмкіндік береді. Бұл зерттеу электрондық оқыту саласында жеке қажеттіліктерге негізделген бейімді оқытуды дамытуға бағытталған практикалық және ғылыми мәні бар шешім болып табылады.

МҮДДЕЛЕР ҚАЙШЫЛЫҒЫ: Авторлар мүдделер қайшылығы жоқ екенін мәлімдейді.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ: Зерттеу AP19680002 «Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарында үздіксіз білім беру тізбегінде студенттердің цифрлық сәйкестігін қалыптастыру әдістемесі» ғылыми жобасы бойынша мемлекеттік қаржыландыру аясында жүзеге асырылды.

ИНСТИТУЦИОНАЛДЫҚ ЭТИКА КОМИТЕТІНІҢ ҚОРЫТЫНДЫСЫ: 'Қолданылмайды'.

ЕРІКТІ КЕЛІСІМ ТУРАЛЫ МӘЛІМДЕМЕ: 'Қолданылмайды'.

ДЕРЕКТЕРДІҢ ҚОЛЖЕТІМДІЛІГІ ТУРАЛЫ МӘЛІМДЕМЕ: Осы зерттеудің нәтижелерін растайтын деректер балама түрде, жұмыс сандық модельдеу мен теориялық талдауға негізделгендіктен, жаңа эксперименттік деректер жиналмаған.

АЛҒЫС БІЛДІРУ: Авторлар әдістемелік қолдау мен пайдалы пікірлері үшін әріптестеріне алғыс білдіреді.

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ ТУРАЛЫ ХАБАРЛАМА:

Бұл жұмысты дайындау барысында авторлар генеративті ЖИ X-GPT-4 мәтіннің грамматикасы мен емлені тексеру мақсатында пайдаланды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Bektenova, A., Denissova, N., Doymina, I., & Sadykanova, O. (2024). "Multi-criteria Assessment of a Student's Individual Profile," *Journal of Advances in Information Technology*, 5(15), 642-648.
- Benabdellah, Ch., Gharbi, N., Mourad, N., & Bellafkih, M. (2013). Content adaptation and learner profile definition: Ant colony algorithm application. 1-7. 10.1109/SITA.2013.6560812.
- Bulut, O., Shin, J., Yildirim-Erbasli, S. N., Gorgun, G., & Pardos, Z. A. (2023). An introduction to Bayesian knowledge tracing with pyBKT. *Psych*, 5(3), 770-786.
- Chen, C., Chiu, P., & Huang, Y. (2015). The Learning Style-Based Adaptive Learning System Architecture. *International Journal of Online Pedagogy and Course Design*, 5(2), 1-10. <https://doi.org/10.4018/ijopcd.2015040101>
- Dang, A., & Wang, F. (2021). Information technology methods for locality preservation and inheritance of settlement cultural landscape. *Indoor and Built Environment*, 30(4), 437-441.
- Dyulicheva, Y. Y. (2019). The swarm intelligence algorithms and their application for the educational data analysis. *Open Education*, 23(5), 33-43. <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2019-5-33-43>
- Ennouamani, S., & Mahani, Z. (2019, June). Towards adaptive learning systems based on fuzzy-logic. In *Intelligent Computing-Proceedings of the Computing Conference* (pp. 625-640). Cham: Springer International Publishing.
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C., & Barlow, C. (2020). Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research. *IEEE Access*, 8. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>
- Hanover Research. (2012). Best practices in Personalized learning Environments (Grades 4 – 9). <https://www.hanoverresearch.com/media/Best-Practices-in-Personalized-Learning-Environments.pdf>
- Hawkins, W.J.; Heffernan, N.T.; Baker, R.S. Learning Bayesian knowledge tracing parameters with a knowledge heuristic and empirical probabilities. In *Proceedings of the Intelligent Tutoring Systems: 12th International Conference, ITS 2014, Honolulu, HI, USA, 5-9 June 2014; Proceedings 12*. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2014; pp. 150-155.
- Huang, M. J., Huang, H. S., & Chen, M. Y. (2007). Constructing a personalized e-learning system based on genetic algorithm and case-based reasoning approach. *Expert Systems with applications*, 33(3), 551-564.
- Koch, N. (2000). Software engineering for Adaptive hypermedia systems: reference model, modeling techniques and development process. In *Institut für Informatik Ludwig-Maximilians-Universität München, KI-Dissertation [Thesis]*. Institut für Informatik Ludwig-Maximilians-Universität München. https://www.pst.ifi.lmu.de/~kochn/KI-Zeitschrift_Thesis.pdf
- Lakkah, S., Mohammed A., & Hamid S. (2017). Adaptive e-learning system based on learning style and ant colony optimization. 1-5. 10.1109/ISACV.2017.8054963.
- Lin, Y.-Z., Patel, K., Alhamadah, A. H., Ghimire, S., Pacheco, J., Saber Latibari, B., Salehi, S., & Satam, P. (2025). Personalized Education with Generative AI and Digital Twins: VR, RAG

- and Zero-Shot Sentiment Analysis for Industry 4.0 Workforce Development. <https://doi.org/10.18260/1-2--57038>
- Liu, M., McKelroy, E., Corliss, S. B., & Carrigan, J. (2017). Investigating the effect of an adaptive learning intervention on students' learning. *Educational technology research and development*, 65(6), 1605-1625.
- Masood, M., Mokmin, N. A. M., & ACM. (2015). Case-based Reasoning Intelligent Tutoring System: An Application of Big Data and IoT. In *ICBDR 2017: Proceedings of 2017 International Conference on Big Data Research (Issue International Conference on Big Data Research (ICBDR))*.
- Philip, K. (2016). Adaptive learning. *ELT journal*, 70(1), 88-93. <https://doi.org/10.1093/elt/ccv055>
- Pushpa, M. (2012). ACO in e-Learning: Towards an adaptive learning path. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 4(3), 458.
- Rincon-Flores, E. G., Castano, L., Guerrero Solis, S. L., Olmos Lopez, O., Rodríguez Hernández, C. F., Castillo Lara, L. A., & Aldape Valdés, L. P. (2024). Improving the learning-teaching process through adaptive learning strategy. *Smart Learning Environments*, 11(1), 27.
- Sabry, F. (2022). Intelligence D'Essaim: Faites de meilleurs jugements commerciaux grâce à l'intelligence artificielle inspirée des abeilles. *One Billion Knowledgeable*.
- Sadaeva, F. S. (2024). The use of artificial intelligence to individualize the process of teaching English to children. *Modern Humanities Success*, 1, 327–333. <https://doi.org/10.58224/2618-7175-2024-1-327-333>
- Sadykanova, O., Seitakhmetova, Z., Kumargazhanova, S., & Smailova, S. (2024). Development of a methodology for creating training materials for the digital environment. *Trudy Universiteta*, 3(96). https://doi.org/10.52209/1609-1825_2024_3_415
- Seitakhmetova, Z., Kumargazhanova, S., Bektenova, A., Sapuanov, B., & Sadykanova, O. (2024). Decision support in problems of course selection during personalization of learning based on the fuzzy logic method. *Trudy Universiteta*, 1. https://doi.org/10.52209/1609-1825_2024_1_535.
- Semet, Y., Yamont, Y., Biojout, R., Luton, E., & Collet, P. (2003, June). Artificial ant colonies and e-learning: An optimisation of pedagogical paths. In *10th International conference on human-computer interaction*.
- Truong, H. M. (2015). Integrating learning styles and adaptive e-learning system: Current developments, problems and opportunities. *Computers in Human Behavior*, 55, 1185–1193. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.02.014>
- Tseng, S. S., Sue, P. C., Su, J. M., Weng, J. F., & Tsai, W. N. (2007). A new approach for constructing the concept map. *Computers & Education*, 49(3), 691-707.
- Vovk, E. (2022). Methods of artificial intelligence in the educational process high school. *Problems of modern pedagogical education*, 1(77), 109-112.
- Wang, T., Wang, K., & Huang, Y. (2007a). Using a style-based ant colony system for adaptive learning. *Expert Systems With Applications*, 34(4), 2449–2464. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.04.014>

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Садықанова Орынгуль Орымкановна – «Ақпараттық жүйелер» мамандығының докторанты, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан,

Садықанова Орынгуль Орымкановна – докторант по специальности «Информационные системы», Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан,

Sadykanova Oryngul – PhD student in Information Systems, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,

e-mail: osadykanova@gmail.com,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3005-4763>



Смаилова Сауле Сансызбаевна – PhD, қауымдастырылған профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан,

Смаилова Сауле Сансызбаевна – PhD, ассоциированный профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан,

Smailova Saule – PhD, Associate Professor, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

e-mail: ssmailova@edu.ektu.kz,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8411-3584>



Құмарғажанова Сәуле Құмарғажанқызы – т.ғ.к., профессор, Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

Кумарғажанова Сауле Кумарғажановна – кандидат технических наук, профессор, Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Kumargazhanova Saule – Candidate of Technical Sciences, Professor, East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

e-mail: skumargazhanova@gmail.com,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6744-4023>



Konrad Gromaszek – PhD, DSc Eng, техника ғылымдарының докторы, профессор, Люблин технологиялық университеті, Люблин қ., Польша

Konrad Gromaszek – PhD, DSc Eng, доктор технических наук, профессор, Люблинский технологический университет, г. Люблин, Польша

Konrad Gromaszek – PhD, DSc Eng, doctor of technical sciences, professor, Lublin University of Technology, Lublin, Poland

e-mail: k.gromaszek@pollub.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3265-3714>