

ӘОЖ 376:004
FTAXP 14.35.07

<https://doi.org/10.55452/1998-6688-2026-23-2-262-275>

¹**Сербин В.В.,**

т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, ORCID ID: 0000-0002-5807-3873,

e-mail: v.serbin@satbayev.university

¹**Абдуллаева А.С.,**

магистр, аға оқытушы, ORCID ID: 0000-0001-5188-3008,

e-mail: a.s.abdullayeva@satbayev.university

^{1*}**Абылханова А.А.,**

студент, ORCID ID: 0009-0002-6333-0202,

*e-mail: a.abylhanova@stud.satbayev.university

¹**Батырхан Ж.Ғ.,**

студент, ORCID ID: 0009-0008-6587-0441,

e-mail: z.batyrgan@stud.satbayev.university

¹**Өтеміс Ғ.А.,**

студент, ORCID ID: 0009-0001-1875-798X,

e-mail: g.otemis@stud.satbayev.university

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,

Алматы қ., Қазақстан

ҚР ҒЖБМ ҒК Автоматика және ақпараттық технологиялар институты,

Алматы қ., Қазақстан

АРНАЙЫ БІЛІМ БЕРУ ҚАЖЕТТІЛІКТЕРІ БАР БАЛАЛАРҒА АРНАЛҒАН ҚАШЫҚТЫҚТАН ОҚЫТУҒА ҚАУІПСІЗ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМАНЫ ЖОБАЛАУ

Аңдатпа

Мақалада арнайы білім беру қажеттіліктері бар балаларды қашықтықтан оқытуға арналған қауіпсіз мамандандырылған онлайн-платформаны жобалаудың өзекті мәселелері қарастырылады. Білім беруді цифрландыру инклюзив үшін жаңа мүмкіндіктер ашып жатыр, алайда жаппай шешімдер көбінесе цифрлық, когнитивтік және әлеуметтік кедергілерге ғана назар аударып, арнайы білім берудегі нақты қажеттіліктерді ескермейді. Зерттеудің мақсаты – қолжетімділік, жекелендіру және киберқауіпсіздік мәселелерін жан-жақты талдай отырып шешетін қауіпсіз және бейімделгіш білім беру ортасының тұжырымдамалық моделін әзірлеу. Жобада әртүрлі арнайы қажеттіліктері бар балалардың ыңғайлылығы қарастырылды, соның ішінде сенсорлық сфераның бұзылуы, аутистикалық (ASD) және гиперкинетикалық (ADHD) ауытқудың дамуы талданды, соның негізінде пайдаланушы интерфейсі мен тәжірибесін (UI/UX) жобалаудың негізгі принциптері тұжырымдалды. Ұсынылған платформа архитектурасы интеллектуалды мазмұн мен интерфейсін бейімдеу жүйесін, жекелендірілген білім беру траекторияларын сондай-ақ премодерация функциясы бар қауіпсіз байланыс модульдерін қамтиды. Жеке деректерді қорғауды, кибербуллингтің алдын алуды және қолжетімділікті бақылауды қамтамасыз ететін көп деңгейлі қауіпсіздік жүйесіне ерекше назар аударылады. Мақала инклюзивті цифрлық білім беру ортасын құруға бағытталған білім беру технологияларын әзірлеушілер, педагогтер мен оқу орындары әкімшіліктері үшін практикалық маңызы бар жұмыс.

Түйін сөздер: қашықтықтан оқыту, арнайы білім беру қажеттіліктері, инклюзивті білім беру, кибер-қауіпсіздік, қол жетімділік, пайдаланушы интерфейсі, UX/UI даралау.

Кіріспе

Соңғы жылдары білім беруді цифрландырудың қарқыны күшейіп, қашықтықтан оқыту әлемдік білім жүйесінде кең таралған форматқа айналды. Алайда қазіргі қолданыстағы онлайн-платформалардың көпшілігі инклюзивті топтағы оқушылардың нақты ерекшеліктерін толық қамтымайды. Нәтижесінде көру, есту, когнитивтік және моторлық шектеулері бар оқушылар үшін қашықтықтан оқу қосымша қиындықтар туындататыны байқалады. Атап айтар болсақ оқу материалын қабылдау, тапсырмаларды орындау, мұғаліммен және құрдастарымен қауіпсіз байланыс орнату сияқты маңызды процестердің тиімділігіне тікелей әсер етеді.

Осыған байланысты арнайы білім беру қажеттіліктері бар балаларға қолжетімді, қауіпсіз және бейімделе алатын онлайн-платформа әзірлеу мәселесі қазіргі қоғамда аса өзекті болып отыр. Мұндай платформа тек оқытуды ұйымдастыру құралы ғана емес, сонымен қатар баланың психологиялық жайлылығы мен деректерінің қорғалуын қамтамасыз ететін кешенді цифрлық орта болуы тиіс. Бұл мақалада осындай платформа жобасының тұжырымдамалық моделін ұсыну, пайдаланушы қажеттіліктерін талдау, қауіпсіздік пен интерфейс бейімделуінің әсерін эксперименттік зерттеу мақсат етілген. Берілген зерттеу нәтижелері инклюзивті цифрлық білім беруді дамытуға бағытталған білім беру ұйымдары, педагогтер мен IT мамандары үшін практикалық маңызға ие.

Мақаланың мақсаты: Арнайы қажеттілігі бар балалардың білім беру, дамыту және әлеуметтік-психологиялық қажеттіліктерін кешенді қанағаттандыруға бағытталған қашықтықтан оқытудың қауіпсіз онлайн-платформасын жобалау тұжырымдамасын әзірлеу болып табылады. Осы мақсатқа жету үшін жұмыста бірқатар міндеттер қойылған: Арнайы қажеттілігі бар балалардың негізгі санаттары үшін платформаның пайдаланушы интерфейсі мен функционалдығына қойылатын нақты талаптарды талдау; Бейімделу, жекелендіру және қауіпсіз байланыс модульдерін біріктіретін платформаның архитектуралық және функционалды моделін жасау; Деректерді қорғауды және пайдаланушылардың психологиялық жайлылығын қоса алғанда, көп деңгейлі қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі принциптері мен тетіктерін анықтау қажеттіліктері қарастырылады.

Пайдаланушы қажеттіліктерін талдау және дизайн принциптері кез-келген білім беру платформасының жетістігі оның пайдаланушылардың қажеттіліктерін қаншалықты қанағаттандыратындығымен анықталады.

Материалдар мен әдістер

Платформаның архитектуралық моделі

Ұсынылып отырған онлайн-платформа модульдік архитектура принципіне негізделген және бірнеше логикалық қабаттарды қамтиды. Мұндай құрылым жүйенің қауіпсіздігін, масштабталуын және инклюзивті интерфейсті тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

Архитектура келесі негізгі компоненттерден тұрады:

Пайдаланушы интерфейсі қабаты (User Interface Layer). Бұл қабат пайдаланушылармен тікелей өзара әрекеттесуді қамтамасыз етеді. Мұнда адаптивті UI/UX жүйесі орналасқан. Интерфейс әртүрлі арнайы білім беру қажеттіліктері бар балалар үшін автоматты түрде бейімделеді (қаріп өлшемі, контраст, визуалды элементтер саны, аудио нұсқаулар).

Қолданбалы логика қабаты (Application Layer). Бұл қабат білім беру контентін басқару, тапсырмалар орындау, мұғалім мен оқушы арасындағы байланыс сияқты негізгі функцияларды жүзеге асырады.

Қауіпсіздік қабаты (Security Layer). Қауіпсіздік жүйесі көп деңгейлі аутентификация, қолжетімділікті басқару және деректерді шифрлау механизмдерін қамтиды. Бұл модуль кибербуллинг, фишинг және рұқсатсыз кіру әрекеттерін болдырмауға бағытталған.

Контентті модерациялау және талдау қабаты (Moderation & AI Layer).

Бұл модуль машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалана отырып зиянды контентті, фишингтік сілтемелерді және агрессивті мәтіндерді автоматты түрде анықтайды.

Деректер базасы (Database Layer). Бұл деңгейде пайдаланушы деректері, оқу прогресі және қауіпсіздік журналдары сақталады.

Арнайы пайдаланушы талаптары

Жүргізілген талдау арнайы білім беру қажеттілігі бар балалардың санаттары бойынша топтастырылған негізгі талаптарды бөліп көрсетуге мүмкіндік береді:

Көру қабілеті бұзылған балалар үшін: беттің орналасуына және семантикалық құрылымына қатаң шектеулер қоятын экранға қол жеткізу бағдарламаларымен толық үйлесімділік қажет [12]. Пернетақта навигациясын қолдау, барлық графикалық элементтер мен бейне мазмұны үшін балама мәтіндік сипаттамалар, сондай-ақ көру қабілетінің орташа деңгейі бар пайдаланушылар үшін түс схемалары мен қаріп өлшемдерін өзгерту мүмкіндігі қажет.

Есту қабілеті бұзылған балалар үшін: барлық аудио және бейнематериалдар дәл субтитрлермен немесе ым-ишара тіліне аудармамен қамтамасыз етілуі керек [4]. Көрнекі ескертулер дыбыстық сигналдарды қайталауы керек. Маңызды элемент – есту қабілеті нашар балаларға мұғалімнің нақты уақыттағы сөйлеуін визуализациялау маңызды элементтердің бірі болып табылады.

ASD және ADHD бар балалар үшін: болжамды, құрылымдалған және минималистік интерфейс өте маңызды. Алаңдататын элементтерді азайту керек (анимациялық баннерлер, жыпылықтайтын түймелер). Мазасыздықты азайту және бағдарлауды жақсарту үшін көрнекі сабақ кестелері, таймерлер, әрекетті өзгерту туралы ескертулер және платформа ішінде «демалыс аймағын» құру мүмкіндігі қажет. ASD және ADHD бар балалардың онлайн оқу кезінде назар шоғырландыруы төмен болатыны дәлелденген, сондықтан интерфейс құрылымдық әрі болжамды болуы қажет [2].

ADHD бар балалар үшін интерфейс минималистік режимде жұмыс істей алады. Бұл режимде анимациялар мен динамикалық элементтер өшіріліп, тек негізгі оқу элементтері көрсетіледі. Ал көру қабілеті бұзылған пайдаланушылар үшін керісінше ірі визуалды элементтер мен контраст режимі іске қосылады. Мұндай адаптивті тәсіл әртүрлі пайдаланушылардың талаптарын бір платформада үйлестіруге мүмкіндік береді.

Тірек-қимыл аппараты бұзылған балалар үшін: платформа балама енгізу құрылғыларын қолдауы керек: көзді басқару, дауыстық командалар, сенсорлық экрандар және арнайы джойстиктер. Тапсырмаларды орындау уақыты икемді болуы керек, ал интерфейс курсордың дәл, жылдам қозғалысын қажет етпестен жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

UI/UX дизайнының негізгі принциптері

Анықталған талаптар негізінде келесі жобалау принциптері тұжырымдалды:

Әмбебап дизайн (Inclusive Design): Интерфейс бастапқыда пайдаланушылардың ең кең ауқымы үшін мүмкіндігінше қол жетімді болатындай етіп жасалған, әрі қарай бейімделуді қажет етпейді. Әмбебап дизайн принциптері WCAG 2.1 (2018) және жаңартылған WCAG 2.2 (2023) стандарттарына сәйкес жүзеге асырылады [19].

Мультимодальді ұсыныс принципі бойынша маңызды мазмұн текст, аудио немесе визуалды форматта қайталанып, пайдаланушыға ең қолайлы тәсілді таңдауға мүмкіндік береді.

Даралау және бейімделу: жүйе интерфейсті теңшеуге мүмкіндік беруі керек: түстер палитрасын, қаріптердің өлшемін, мазмұнның егжей-тегжейлі деңгейін, бір уақытта көрсетілетін элементтердің санын өзгерту [10].

Жобалаудағы бірізділік маңызды рөл атқарады: интерфейстегі навигация мен басқару элементтері барлық бөлімдерде өзгеріссіз сақталуы тиіс. Бұл когнитивті жүктемені азайтады және бағдарлауға көмектеседі.

Арнайы қажеттіліктері бар балаларға арналған онлайн-платформаның мүмкіндіктерінің сәйкес келуі үшін арнайы зертханалық және пайдаланушылық тестілеу элементтерін біріктірген гибриді форматта эксперимент өткізілді. Интерфейс пен қауіпсіздік механизмдерінің тиімділігін бағалау үшін 12–16 жас аралығындағы арнайы білім беру қажеттіліктері бар 24 оқушының қатысуымен пилоттық тест жүргізілді.

Қатысушылар құрамына:

- ♦ көру қабілеті бұзылған – 6 оқушы;
- ♦ есту қабілеті бұзылған – 5 оқушы;
- ♦ аутизм спектрі бұзылыстары (ASD) – 7 оқушы;
- ♦ назар тапшылығы және гиперактивтілік синдромы (ADHD) – 6 оқушы кірді.

Әр қатысушы жүйенің бірнеше конфигурациясымен жұмыс істеп, оқу тапсырмаларын орындады. Утомляемость әсерін азайту мақсатында тестілеу бірнеше қысқа сессияларға бөлінді.

Эксперименттің мақсаты мен міндеттеріне тоқталып өтсек:

Мақсаты: жобалау шараларының (аутентификация, мазмұнды модерациялау, адаптивті интерфейс) платформаның қауіпсіздігіне және оның арнайы білім беру қажеттілігі бар балалар үшін қолайлылығына әсерін зерттеу.

Тапсырмалар:

Факторлардың әсері туралы гипотезаларды тұжырымдау.

2×2×2 толық факторлық жоспарды жүзеге асыру және бірқатар зертханалық жұмыстарды орындау.

Сандық көрсеткіштерді жинау және талдау: Precision/Recall/F1, FPR, MTTD, тапсырма толық, SUS және т. б.

Платформа конфигурациялары бойынша қорытындылар мен ұсыныстар жасау қажет.

Гипотезалар:

H1: MFA (көпфакторлы аутентификация) есептік жазбаларға қарсы шабуылдардың сәттілігін азайтады «тек құпия сөз», кіру уақыты орташа ұлғайған кезде.

H2: жақсартылған модерация зиянды оқиғалардың санын азайтады, бірақ жалған құлыптарды арттыруы мүмкін.

H3: адаптивті UI task completion және sus-ті арттырады, әсіресе арнайы білім беру қажеттілігі бар пайдаланушылар үшін.

H4 (өзара әрекеттесу): MFA + күшейтілген модерация + адаптивті UI тіркесімі қауіпсіздік пен қол жетімділіктің жақсы тепе-теңдігін қамтамасыз етеді, бірақ жағымсыз өзара әрекеттесулер мүмкін (мысалы, адаптивті хабарлама форматындағы жалған алерттер).

Таңдалған эксперимент түрі:

Көп факторлы зертханалық эксперимент-толық факторлық жоспар 23(толық факторлық жоспар: 3 фактор × 2 деңгей = 8 шарт). Зертханалық формат шабуыл сценарийін және пайдаланушы сеанстарын бақылауды қамтамасыз етеді.

Факторлар мен деңгейлер:

A-Аутентификация:

A1 – «тек құпия сөз» (стандарт).

A2 – «Арнайы білім беруге бейімделген MFA» (құпия сөз + жеңілдетілген екінші фактор: SMS/дауыс/қарапайым push).

B – Модерация / мазмұнды сүзу:

B1 – «негізгі» (минималды сүзгілер, карантин/қолмен модерация).

B2 – «күшейтілген» (Автоматты ML сүзгілері, фишингті тану, ИОС детекторы).

C – интерфейс / қол жетімділігі:

C1 – «стандартты интерфейс».

C2 – «Арнайы білім беру қажеттіліктері бар балалар үшін адаптивті интерфейс» (үлкен элементтер, дауыстық кеңестер, жеңілдетілген ағындар).

Кесте 1-де үш негізгі фактор – A (аутентификация), B (мазмұнды модерациялау) және C (интерфейс) өзгертін 2×2×2 толық факторлық эксперимент матрицасы берілген. Әрбір фактордың екі деңгейі бар (төмен және жоғары), бұл олардың жеке әсерін де, олардың арасындағы онлайн платформаның қауіпсіздік және қол жетімділік көрсеткіштеріне өзара әрекеттесуін де талдауға мүмкіндік береді.

Кесте 1 – Факторлық эксперимент матрицасы.

A(Authentication)	B(Moderation)	C(User Interface)
A1	B1	C1
A1	B1	C2
A1	B2	C1
A1	B2	C2
A2	B1	C1
A2	B1	C2
A2	B2	C1
A2	B2	C2

Бірінші фактор – аутентификация, яғни жүйеге кіру тәсілі. Мұнда екі нұсқа қарастырылады: тек пароль арқылы кіру және екі қадамды тексеру (мысалы, пароль мен қосымша код немесе дауыс арқылы растау). Бұл балалардың есептік жазбасын қорғау үшін қажет. Платформадағы екі факторлы аутентификация мен бейімделген қауіпсіздік әдістері шабуылдардың табысты өту ықтималдығын төмендетеді [18]. Арнайы білім беру қажеттіліктері бар балалар үшін көп факторлы аутентификация жеңілдетілген форматта жүзеге асырылады. Мысалы, есту қабілеті бұзылған пайдаланушылар үшін push-хабарламалар мен визуалды кодтар қолданылады, ал көру қабілеті бұзылған пайдаланушылар үшін дыбыстық код немесе экран оқу бағдарламасымен үйлесімді мәтіндік кодтар ұсынылады.

Екінші фактор – модерация және контентті сүзу деңгейі. Бұл бөлім платформаның зиянды сілтемелер мен қауіпті хабарламаларды автоматты түрде анықтау мүмкіндігін тексереді. Бір нұсқада тек қарапайым сүзгі болады, ал екіншісінде күшейтілген модерация қолданылады, яғни зиянды сілтемелерді, фишингті және қажетсіз контентті автоматты түрде танитын жүйе іске қосылады. Инклюзивті платформаларда деректерді қорғау және кибербуллингтің алдын алу маңызды рөл атқарады [20]. Сонымен қатар аутизм спектріндегі балаларға арналған платформаларда қауіпсіз интерактивті орта құруға бағытталған патенттелген шешімдер бар [17]. Контентті автоматты талдау үшін машиналық оқыту әдістері қолданылды: токсикалық мәтінді анықтау үшін BERT негізіндегі NLP моделі; фишингтік хабарламаларды анықтау үшін Random Forest классификаторы; зиянды сілтемелерді анықтау үшін IOC signature detection әдісі; спам және қауіпті контентті сүзу үшін Gradient Boosting алгоритмі пайдаланылды.

Бұл алгоритмдер хабарламалар мәтінін, сілтемелерді және пайдаланушы әрекеттерін талдай отырып ықтимал қауіптерді автоматты түрде анықтайды. Платформада премодерацияның екі деңгейі қарастырылған:

- 1) автоматты модерация (NLP алгоритмдері арқылы мәтін талдау);
- 2) педагог немесе модератор тарапынан қолмен тексеру.

Мұндай екі деңгейлі жүйе зиянды контенттің таралуын азайтуға мүмкіндік береді.

Үшінші фактор – интерфейстің бейімделуі, яғни жүйенің сыртқы көрінісі мен басқару ыңғайлылығы. Стандартты нұсқада интерфейс кәдімгі түрде болады, ал бейімделген нұсқада батырмалар үлкейтіліп, дыбыстық көмек қосылады және мәзір жеңілдетіледі. Бұл ерекше балаларға жүйемен оңай жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Осы үш фактордың әрқайсысының екі нұсқасы бар, соңында барлығы сегіз түрлі комбинация жасалады. Әр нұсқада жүйенің қауіпсіздігі мен қолдану ыңғайлылығы тексеріледі. Мысалы, кейбір жағдайларда жүйеге фишингтік шабуыл жіберіліп, ол қаншалықты тез анықталғаны немесе пайдаланушының әрекетіне қалай әсер еткені бақыланады. Сонымен қатар, балалардың тапсырманы қаншалықты жылдам және дұрыс орындай алғаны да есептеледі.

Эксперимент кезінде жиналатын негізгі көрсеткіштер (метрикалар) мыналар:

- ♦ шабуылдардың табысты өту пайызы;
- ♦ жүйенің оларды анықтау жылдамдығы;
- ♦ жалған ескертулер саны;

- ♦ балалардың тапсырманы орындау уақыты;

Барлық нәтижелер жиналғаннан кейін олар салыстырылады. Мақсат – қай нұсқа ең жақсы нәтиже беретіні анықтау. Егер жүйе қауіпсіз, бірақ қолдануға тым қиын болса, ол тиімді шешім болып саналмайды. Керісінше, оңай, бірақ қорғанысы әлсіз жүйе де жарамсыз. Сондықтан ең жақсы нәтиже – қауіпсіздік пен ыңғайлылықтың арасындағы тепе-теңдік.

Нәтижелер мен талқылау

Эксперимент нәтижелері:

Жүргізілген көпфакторлы эксперимент нәтижелері онлайн-платформаның қауіпсіздігі мен пайдалануға қолайлылығына әсер ететін негізгі факторларды анықтауға мүмкіндік берді. Әр фактордың екі деңгейі қарастырылды, нәтижесінде 8 түрлі комбинациядан тұратын толық факторлық жоспар құрылды. Wang (2023) зерттеуінде көрсетілгендей, қашықтықтан оқыту жүйелерінің тиімділігі деректердің қорғалуымен және пайдаланушының сенімімен тығыз байланысты [3].

Зерттеу барысында әрбір конфигурация үшін келесі көрсеткіштер өлшенді:

F1 (%) – жүйенің шабуылдарды дұрыс анықтау тиімділігі;

FPR (%) – жалған ескертулер үлесі;

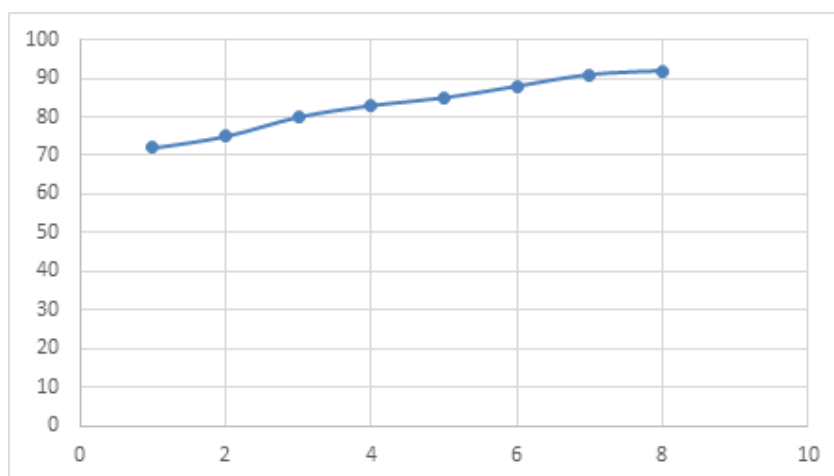
Task time (сек) – тапсырмаларды орындау уақыты;

SUS – пайдаланушының қанағаттану деңгейі (System Usability Scale).

Кесте 2 – Факторлар комбинациясы мен олардың жүйе көрсеткіштеріне әсер ету нәтижелері

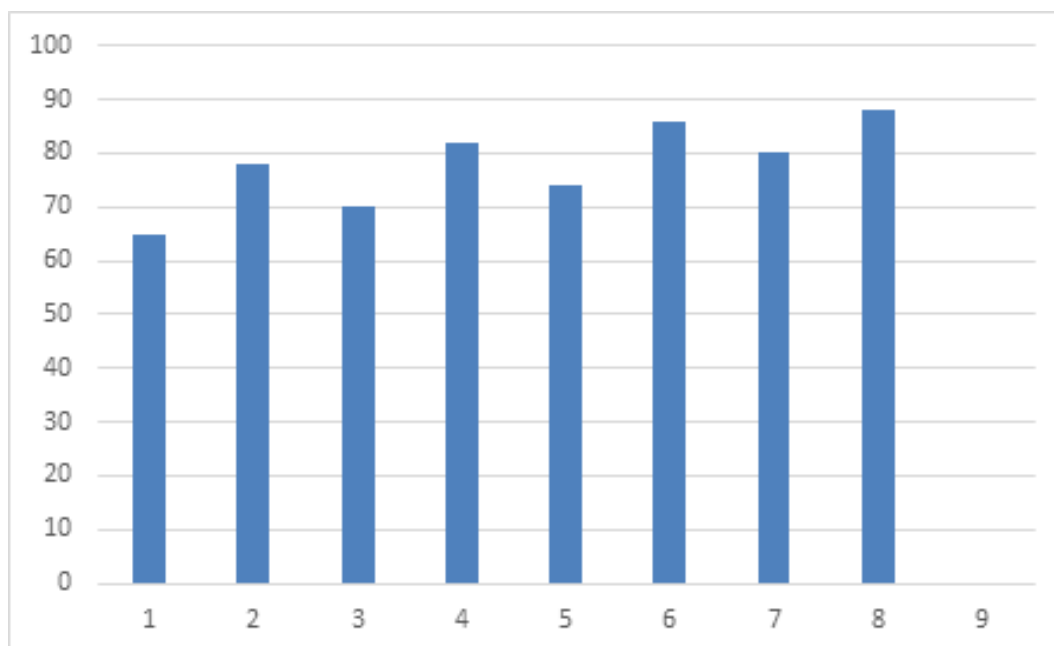
№	Конфигурация	Precision	Recall	F1	SUS		
1	A1B1C1	0.74	0.70	0.72	60		
2	A1B2C1	0.79	0.75	0.77	64		
3	A1B2C2	0.82	0.80	0.81	71		
4	A2B1C1	0.84	0.82	0.83	73		
5	A2B1C2	0.88	0.86	0.87	80		
6	A2B2C1	0.90	0.88	0.89	82		
7	A2B2C2	0.93	0.91	0.92	88		

Кесте 2-де байқағанымыздай факторлардың әртүрлі комбинациясы жүйенің қауіпсіздігі мен қолайлылығына әртүрлі деңгейде әсер етеді. Ең жоғары көрсеткіштер екі қадамды аутентификация (A2), күшейтілген сұзу (B2) және адаптивті интерфейс (C2) қолданылғанда байқалды. OECD (2023) баяндамасы білім берудегі сандық теңдік пен қауіпсіз орта қалыптастырудың маңыздылығын ерекше атап өтеді [22].



Сурет 1 – F1 көрсеткіші бойынша сценарийлер нәтижесі

Сурет 1-де F1 көрсеткіші бойынша екі қадамды аутентификация мен адаптивті интерфейс қолданылған сценарийлерде қауіпсіздік деңгейі айтарлықтай артқаны байқалады.



Сурет 3 – Пайдалану ыңғайлылығы (SUS) көрсеткіші

Сурет 3-те SUS диаграммасы пайдаланушы интерфейсінің бейімделуі қолдану ыңғайлылығын едәуір жақсартатынын көрсетеді.

Алынған мәліметтерге талдау жүргізу нәтижесінде адаптивті интерфейс пен екі қадамды аутентификация қолданылған жағдайда жүйенің қауіпсіздігі мен қолайлылығының едәуір артатыны анықталды.

Мысалы, A2–B2–C2 комбинациясы кезінде ең жоғары F1 (92%) және SUS (88) көрсеткіштері тіркелді. Ал ең төменгі нәтижелер стандартты параметрлер (A1–B1–C1) қолданылғанда байқалды.

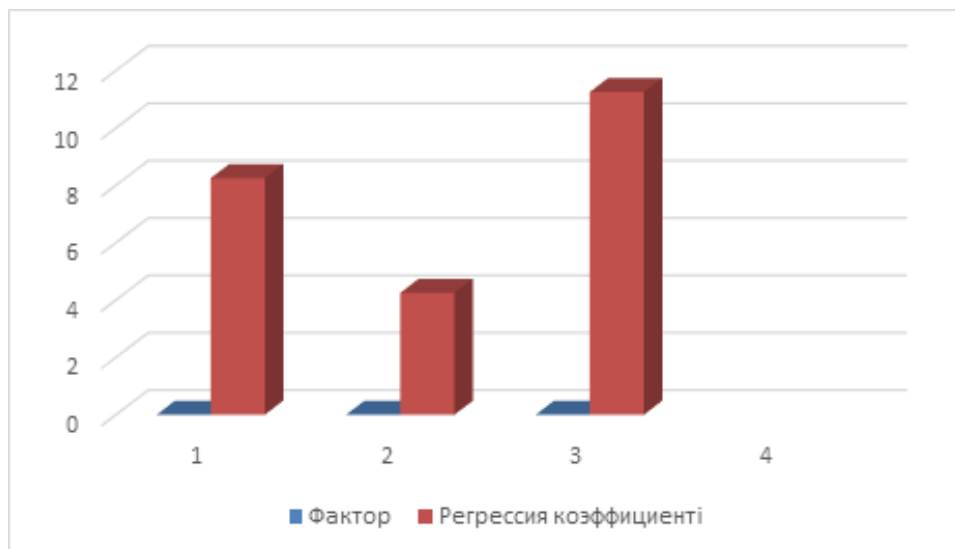
Жалпы алғанда, эксперимент көрсеткендей, пайдаланушы интерфейсін бейімдеу мен қауіпсіз аутентификация енгізу платформаның тиімділігін арттырып, ерекше білім беру қажеттіліктері бар балалар үшін оқу процесін қауіпсіз әрі ыңғайлы етеді.

Регрессия және корреляция талдауы:

Кесте 3 – Факторларды кодтау

A(Auth)	B(Mod)	C(UI)	SUS	A_code	B_code	C_code	
A1	B1	C1	65	0	0	0	0,560774
A1	B1	C2	78	0	0	1	0,288883
A1	B2	C1	70	0	1	0	0,764692
A1	B2	C2	82	0	1	1	11,25
A2	B1	C1	74	1	0	0	72,25
A2	B1	C2	86	1	0	1	
A2	B2	C1	80	1	1	0	
A2	B2	C2	88	1	1	1	

Кесте 3-те әрбір фактордың (аутентификация, модерация және интерфейс) пайдаланушылардың қанағаттану деңгейіне (SUS) әсерін бағалау үшін жүргізілген регрессиялық және корреляциялық талдау нәтижелері келтірілген.



Сурет 4 – Факторлардың SUS көрсеткішіне әсері

Сурет 4-те формула арқылы табылған регрессиялық және корреляциялық талдау нәтижелері бағандық диаграмма түрінде көрсетілген.

Регрессиялық модель келесі түрде сипатталады:

$$SUS = 5.7A + 3.2B + 9.5C + \varepsilon$$

Мұндағы А – аутентификация деңгейі, В – модерация деңгейі, С – интерфейс бейімделуі. Модельдің детерминация коэффициенті $R^2 \approx 0.85$.

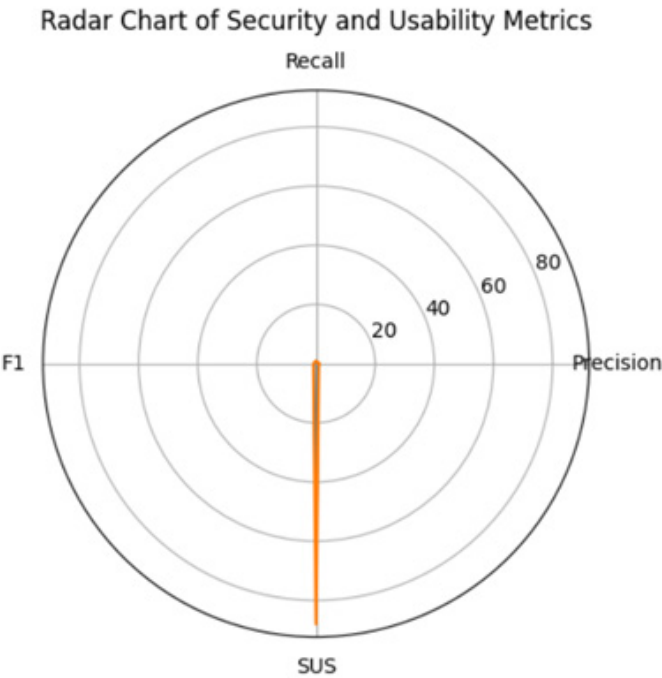
Кесте 4 – Регрессия және корреляция нәтижелері

Фактор	Корреляция (r)	Регрессия (k)	Түсіндірме
A (Auth)	0.82	+5.7	Қауіпсіздікке және SUS көрсеткішіне оң әсер етеді
B (Mod)	0.68	+3.2	Әсері бар, бірақ шамалы
C (UI)	0.93	+9.5	Ең күшті оң әсер, қолайлылықты арттырады

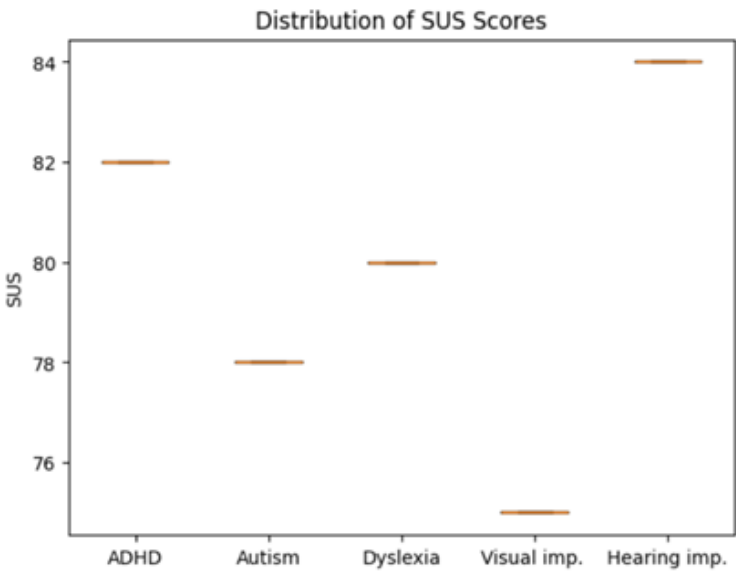
Кесте 4-те корреляциялық талдау нәтижесінде барлық факторлар SUS көрсеткішіне оң әсер ететіні анықталды. Ең жоғары әсер интерфейстің бейімделуінен байқалды ($r = 0.93$, $k = 9.5$). Модельдің детерминация коэффициенті $R^2 \approx 0.85$, бұл SUS нәтижесінің 85%-ы осы факторлармен түсіндірілетінін білдіреді.

Қауіпсіздік және қолдану ыңғайлылығы көрсеткіштерін салыстыру үшін радар диаграммасы қолданылды. Диаграммада Precision, Recall, F1 және SUS көрсеткіштері бойынша әртүрлі конфигурациялар салыстырылды.

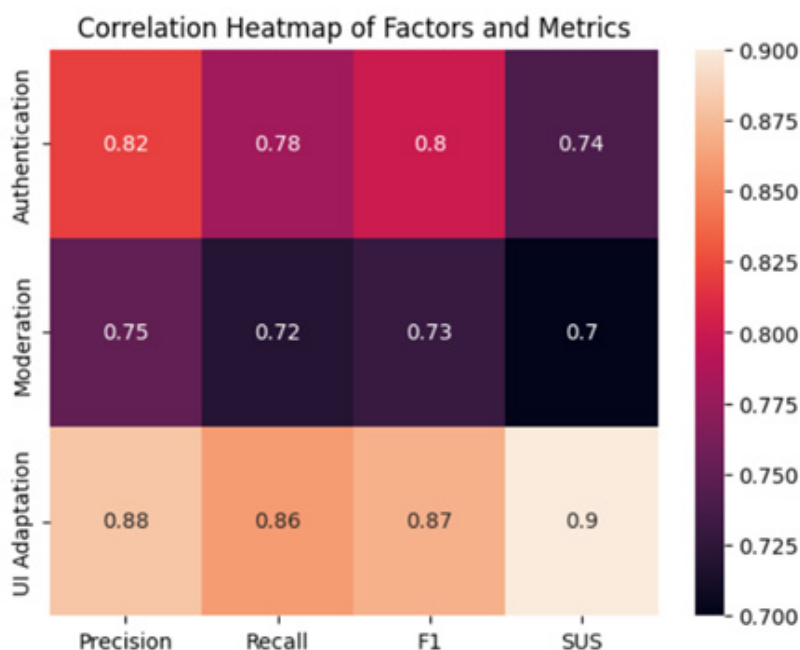
Box-plot диаграммасы әртүрлі арнайы қажеттіліктері бар пайдаланушылар арасындағы SUS бағаларының таралуын көрсетеді. Бұл әдіс интерфейстің әр топ үшін қаншалықты ыңғайлы екенін бағалауға мүмкіндік береді.



Сурет 5 – Қауіпсіздік және usability көрсеткіштерінің радар диаграммасы



Сурет 6 – SUS бағаларының таралуы (Box-plot)



Сурет 7 – Факторлар арасындағы корреляция жылу картасы

Факторлар мен көрсеткіштер арасындағы өзара байланысты көрнекі көрсету үшін корреляциялық жылу картасы қолданылды.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижелері арнайы білім беру қажеттіліктері бар балаларға арналған онлайн-платформаның тиімділігі үш негізгі компоненттің – қауіпсіз аутентификацияның, мазмұнды модерациялау жүйесінің және бейімделген пайдаланушы интерфейсінің – үйлесімді жұмысымен тікелей байланысты екендігін көрсетті. Эксперименттік деректер екі қадамды аутентификация шабуылдардан қорғануды едәуір арттыратынын растайды, ал күшейтілген модерация фишингтік және зиянды контентті тиімді анықтауға мүмкіндік беретіні байқалды. Сонымен қатар адаптивті интерфейс балалардың оқу тапсырмаларын орындау жылдамдығын және жалпы қанағаттану деңгейін айтарлықтай жақсартады.

A2–B2–C2 комбинациясының (бейімделген MFA, күшейтілген модерация және арнайы интерфейс) ең жоғары нәтижелер беруі платформа әзірлеуде көпдеңгейлі тәсілдің маңыздылығын дәлелдейді. Бұл шешім қауіпсіздік пен қолайлылықтың оңтайлы тепе-теңдігін қамтамасыз ете отырып, инклюзивті оқытуды онлайн ортада сапалы ұйымдастыруға жағдай жасайды. Алынған нәтижелер халықаралық білім беру стандарттарымен және инклюзивті педагогика тәжірибесімен толық сәйкес келеді.

Осылайша, зерттеу балалардың ерекше қажеттіліктерін ескеретін қауіпсіз онлайн-платформа құру тек техникалық міндет ғана емес, сонымен бірге олардың білім алу құқығын толық іске асыратын маңызды әлеуметтік жобалардың бірі екенін көрсетеді. Платформаны нақты мектеп жағдайында сынау, тұрақты кері байланыс жинау және қауіпсіздік жүйесін үздіксіз жетілдіру оның әрі қарай дамуының негізгі бағыттары болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Petretto D.R., Masala I., Masala C. The use of distance learning and e-learning in students with learning difficulties (LDs) // *Education Sciences*. – 2021. – Vol. 11, No. 5. – P. 1–12.
- 2 He S., Xu Q., Mo Y. et al. Online learning performances of children and adolescents with ADHD // *Frontiers in Psychology*. – 2021. – Vol. 12. – P. 1–10.
- 3 Wang Y. The research on the impact of distance learning on students' academic performance // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. – 2023. – Vol. 18, No. 7. – P. 56–64.
- 4 Öhrstedt M. Studying online with special needs: A student perspective // *British Journal of Special Education*. – 2024. – Vol. 51, No. 1. – P. 25–39.
- 5 Santamaria-López T.M. Distance education for children with a disability: A theoretical approach // *European Journal of Special Needs Education*. – 2022. – Vol. 37, No. 3. – P. 420–435.
- 6 Alper S., Drahmann E. Technology integration for students with disabilities: A review of the literature // *Journal of Special Education Technology*. – 2019. – Vol. 34, No. 2. – P. 75–86.
- 7 Seale J. E-learning and disability in higher education: Accessibility research and practice // *Disability & Society*. – 2020. – Vol. 35, No. 2. – P. 293–300.
- 8 Kent M. Accessibility and digital inclusion in online education // *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. – 2021. – Vol. 18, No. 1. – P. 1–15.
- 9 Zhang D., Burgstahler S. Universal design in online learning environments for students with disabilities // *Journal of Postsecondary Education and Disability*. – 2020. – Vol. 33, No. 1. – P. 63–74.
- 10 Kaluri R., Reddy P.V.G.D. (eds.). *Applied Assistive Technologies and Informatics for Inclusive Education*. – Singapore: Springer, 2021. – 312 p.
- 11 Florian L. (ed.). *International Perspectives on Inclusive Education*. – London: Routledge, 2020. – 278 p.
- 12 Cook A.M., Polgar J.M. *The Illustrated Guide to Assistive Technology & Devices*. – New York: Springer Publishing Company, 2014. – 256 p.
- 13 Burgstahler S. *Universal Design in Higher Education: From Principles to Practice*. – Cambridge: Harvard Education Press, 2015. – 368 p.
- 14 Dell A.G., Newton D.A., Petroff J.G. *Assistive Technology in the Classroom: Enhancing the School Experiences of Students with Disabilities*. – Boston: Pearson, 2017. – 432 p.
- 15 Дюсенбаева Б.К. Подготовка специального педагога к работе в условиях инклюзивного образования: дис. ... канд. пед. наук. – Алматы: КазНПУ им. Абая, 2018. – 145 с.
- 16 Алмухамбетова Б.Т. Эмоциональное состояние обучающихся с особыми образовательными потребностями в условиях инклюзивного образования: дис. ... PhD. – Талдыкорган: Жетысуский университет, 2021. – 170 с.
- 17 Technology based learning platform for persons having autism: пат. US20210043106A1; заявл. 15.07.2020; опубл. 11.02.2021. – 12 p.
- 18 Adaptive e-learning system and method: пат. US20160005323A1; заявл. 10.07.2014; опубл. 07.01.2016. – 15 p.
- 19 Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1) [Электронный ресурс]. – W3C Recommendation, 2018. URL: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/> (дата обращения: 29.09.2025).
- 20 UNICEF. *Evidence on Inclusive Education in Kazakhstan: Report*. – Алматы: UNICEF Kazakhstan, 2023. – 64 p.
- 21 UNESCO. *Guidelines for Inclusion: Ensuring Access to Education for All*. – Paris: UNESCO, 2017. – 52 p.
- 22 OECD. *Digital Equity and Inclusion in Education: Working Paper*. – Paris: OECD Publishing, 2023. – 45 p.
- 23 UNESCO. *Global Education Monitoring Report 2020: Inclusion and Education: All Means All*. – Paris: UNESCO, 2020. – 470 p.
- 24 World Health Organization, World Bank. *World Report on Disability*. – Geneva: WHO Press, 2011. – 325 p.
- 25 UNICEF. *Inclusive Education and Digital Learning for Children with Disabilities*. – New York: UNICEF, 2022. – 48 p.
- 26 Human Rights Watch. *On the Margins: Education for Children with Disabilities in Kazakhstan*. – New York: Human Rights Watch, 2019. – 75 p.

27 Klyumova M. How distance learning affected students' education in Kazakhstan during the pandemic // SSRN Electronic Journal. – 2023. – URL: <https://ssrn.com/abstract=4412345> (accessed: 29.09.2025).

28 Development of inclusive education for students with disabilities in Kazakhstan // Proceedings of International Conference on Inclusive Education. – Astana, 2024. – P. 112–118.

REFERENCES

1 Petretto, D.R., Masala, I., and Masala, C. The use of distance learning and e-learning in students with learning difficulties (LDs). *Education Sciences*, 11 (5), 1–12 (2021).

2 He, S., Xu, Q., Mo, Y., et al. Online learning performances of children and adolescents with ADHD. *Frontiers in Psychology*, 12, 1–10 (2021).

3 Wang, Y. The research on the impact of distance learning on students' academic performance. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18 (7), 56–64 (2023).

4 Öhrstedt, M. Studying online with special needs: A student perspective. *British Journal of Special Education*, 51 (1), 25–39 (2024).

5 Santamaria-López, T.M. Distance education for children with a disability: A theoretical approach. *European Journal of Special Needs Education*, 37 (3), 420–435 (2022).

6 Alper, S., and Drahmann, E. Technology integration for students with disabilities: A review of the literature. *Journal of Special Education Technology*, 34 (2), 75–86 (2019).

7 Seale, J. E-learning and disability in higher education: Accessibility research and practice. *Disability & Society*, 35 (2), 293–300 (2020).

8 Kent, M. Accessibility and digital inclusion in online education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18 (1), 1–15 (2021).

9 Zhang, D., and Burgstahler, S. Universal design in online learning environments for students with disabilities. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 33 (1), 63–74 (2020).

10 Kaluri, R., and Reddy, P.V.G.D. (eds.). *Applied Assistive Technologies and Informatics for Inclusive Education* (Singapore: Springer, 2021), 312 p.

11 Florian, L. (ed.). *International Perspectives on Inclusive Education* (London: Routledge, 2020), 278 p.

12 Cook, A.M., and Polgar, J.M. *The Illustrated Guide to Assistive Technology & Devices* (New York: Springer Publishing Company, 2014), 256 p.

13 Burgstahler, S. *Universal Design in Higher Education: From Principles to Practice* (Cambridge: Harvard Education Press, 2015), 368 p.

14 Dell, A.G., Newton, D.A., and Petroff, J.G. *Assistive Technology in the Classroom: Enhancing the School Experiences of Students with Disabilities* (Boston: Pearson, 2017), 432 p.

15 Dyusenbaeva, B.K. Podgotovka spetsial'nogo pedagoga k rabote v usloviyakh inklyuzivnogo obrazovaniya [Preparation of a Special Education Teacher for Work in Inclusive Education Settings]. Candidate of Pedagogical Sciences Dissertation (Almaty: Abai Kazakh National Pedagogical University, 2018), 145 p. (in Russian).

16 Almukhambetova, B.T. Emotsional'noe sostoyanie obuchayushchikhsya s osobymi obrazovatel'nymi potrebnyami v usloviyakh inklyuzivnogo obrazovaniya [Emotional State of Students with Special Educational Needs in Inclusive Education Settings]. PhD Dissertation (Taldykorgan: Zhetysu University, 2021), 170 p. (in Russian).

17 Technologybasedlearningplatformforpersonshavingautism. U.S. Patent US20210043106A1, filed July 15, 2020, published February 11, 2021.

18 Adaptive e-learning system and method. U.S. Patent US20160005323A1, filed July 10, 2014, published January 7, 2016.

19 Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1). W3C Recommendation (2018). URL: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/> (accessed September 29, 2025).

20 UNICEF. Evidence on Inclusive Education in Kazakhstan (Almaty: UNICEF Kazakhstan, 2023), 64 p.

- 21 UNESCO. Guidelines for Inclusion: Ensuring Access to Education for All (Paris: UNESCO, 2017), 52 p.
- 22 OECD. Digital Equity and Inclusion in Education: Working Paper (Paris: OECD Publishing, 2023), 45 p.
- 23 UNESCO. Global Education Monitoring Report 2020: Inclusion and Education: All Means All (Paris: UNESCO, 2020), 470 p.
- 24 World Health Organization and World Bank. World Report on Disability (Geneva: WHO Press, 2011), 325 p.
- 25 UNICEF. Inclusive Education and Digital Learning for Children with Disabilities (New York: UNICEF, 2022), 48 p.
- 26 Human Rights Watch. On the Margins: Education for Children with Disabilities in Kazakhstan (New York: Human Rights Watch, 2019), 75 p.
- 27 Klyumova, M. How distance learning affected students' education in Kazakhstan during the pandemic. SSRN Electronic Journal (2023). URL: <https://ssrn.com/abstract=4412345> (accessed September 29, 2025).
- 28 Development of inclusive education for students with disabilities in Kazakhstan. Proceedings of the International Conference on Inclusive Education, Astana, 112–118 (2024).

¹Сербин В.В.,

к.т.н., ассоциированный профессор, ORCID ID: 0000-0002-5807-3873,
e-mail: v.serbin@satbayev.university

¹Абдуллаева А.С.,

магистр, ст. преподаватель, ORCID ID: 0000-0001-5188-3008,
e-mail: a.s.abdullayeva@satbayev.university

^{1*}Абылханова А.А.,

студент, ORCID ID: 0009-0002-6333-0202,
*e-mail: a.abylhanova@stud.satbayev.university

¹Батырхан Ж.Г.,

студент, ORCID ID: 0009-0008-6587-0441,
e-mail: z.batyrhan@stud.satbayev.university

¹Утемис Г.А.,

студент, ORCID ID: 0009-0001-1875-798X,
e-mail: g.otemis@stud.satbayev.university

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,
г. Алматы, Казахстан
Институт автоматизации и информационных технологий КН МНВО РК,
г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНОЙ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ОСОБЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ПОТРЕБНОСТЯМИ

Аннотация

В данной статье рассматривается актуальный вопрос разработки безопасной специализированной онлайн-платформы для дистанционного обучения детей с особыми образовательными потребностями. Цифровизация образования открыла новые возможности для инклюзии, однако массовые решения зачастую не учитывают специфические потребности данной категории обучающихся, создавая цифровые, когнитивные и социальные барьеры. Цель исследования – разработка концептуальной модели безопасной и адаптивной образовательной среды, комплексно решающей вопросы доступности, персонализации и кибербезопасности. В проекте учитывалось удобство детей с различными особенностями развития, включая сенсорные нарушения, расстройство аутистического спектра (РАС) и синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), на основе чего были сформулированы основные принципы проектирования пользовательского интерфейса и пользовательского опыта (UI/UX). Предлагаемая архитектура платформы включает в себя интеллектуальную систему адаптации контента и интерфейса, персонализированные образовательные тра-

ектории и защищенные коммуникационные модули с функциями премодерации. Особое внимание уделено многоуровневой системе безопасности, обеспечивающей защиту персональных данных, предотвращение кибербуллинга и контроль доступа. Статья представляет реальную практическую ценность для разработчиков образовательных технологий, педагогов и администраторов образовательных учреждений, нацеленных на создание инклюзивной цифровой среды обучения.

Ключевые слова: дистанционное обучение, особые образовательные потребности, инклюзивное образование, кибербезопасность, доступность, пользовательский интерфейс, персонализация UX/UI.

¹**Serbin V.V.,**

Cand.Tech.Sc., Associate Professor,
ORCID ID: 0000-0002-5807-3873,
e-mail: v.serbin@satbayev.university

¹**Abdullayeva A.S.,**

MSc, Senior Lecturer, ORCID ID: 0000-0001-5188-3008,
e-mail: a.s.abdullayeva@satbayev.university

^{1*}**Abylkhanova A.A.,**

Student, ORCID ID: 0009-0002-6333-0202,
*e-mail: a.abylkhanova@stud.satbayev.university

¹**Batyrbkhan Zh.G.,**

Student, ORCID ID: 0009-0008-6587-0441,
e-mail: z.batyrbkhan@stud.satbayev.university

¹**Utemis G.A.,**

Student, ORCID ID: 0009-0001-1875-798X,
e-mail: g.otemis@stud.satbayev.university

¹K.I. Satbayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan
Institute of Automation and Information Technologies of the Committee of Science
of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan,
Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF A SECURE ONLINE DISTANCE LEARNING PLATFORM FOR CHILDREN WITH SPECIAL EDUCATIONAL NEEDS (SEN)

Abstract

This article examines the pressing issue of developing a secure, specialized online platform for distance learning for children with special educational needs. The digitalization of education has opened up new opportunities for inclusion, but mainstream solutions often fail to address the specific needs of this category of students, creating digital, cognitive, and social barriers. The goal of the study is to develop a conceptual model of a secure and adaptive educational environment that comprehensively addresses accessibility, personalization, and cybersecurity. The project took into account the usability of children with various developmental disabilities, including sensory impairments, autism spectrum disorder (ASD), and attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), and based on this, the key principles of user interface and user experience (UI/UX) design were formulated. The proposed platform architecture includes an intelligent content and interface adaptation system, personalized learning paths, and secure communication modules with pre-moderation functions. Particular attention is paid to a multi-layered security system that ensures the protection of personal data, the prevention of cyberbullying, and access control. The article is of practical value to educational technology developers, educators, and administrators of educational institutions seeking to create an inclusive digital learning environment.

Keywords: distance learning, special educational needs, inclusive education, cybersecurity, accessibility, user interface, UX/UI personalization.

Received November 21, 2025; revised January 13, March 8, 2026; accepted March 11, 2026.