

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/26.05.2022.T.10.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI HUZURIDAGI FUNDAMENTAL VA AMALIY
TADQIQOTLAR INISTITUTI**

SAMANDAROV ERKABOY KARIMBOYEVICH

**O‘QUVCHILARNI PSIXOLOGIK HOLATI VA BILIM DARAJASINI
BASHORATLASH HAMDA BOSHQARISH ALGORITMLARI**

05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации
доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Contents of Dissertation Abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) on
technical sciences**

Samandarov Erkaboy Karimboyevich

О‘quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish
algoritmлари 3

Самандаров Эркабой Каримбоевич

Алгоритмы прогнозирования и управления психологическим состоянием а
также уровнем знаний школьников.....21

Samandarov Erkaboy Karimboyevich

Algorithms for predicting and managing the psychological state as well as the
knowledge level of schoolchildren39

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works 43

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/26.05.2022.T.10.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI HUZURIDAGI FUNDAMENTAL VA AMALIY
TADQIQOTLAR INISTITUTI**

SAMANDAROV ERKABOY KARIMBOYEVICH

**O‘QUVCHILARNI PSIXOLOGIK HOLATI VA BILIM DARAJASINI
BASHORATLASH HAMDA BOSHQARISH ALGORITMLARI**

05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.3.PhD/T5809 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya «Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti» Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi «Fundamental va amaliy tadqiqotlar instituti» da bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tiame.uz) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Muxamediyeva Dilnoz Tulkunovna

texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Raximov Nodir Odilovich

texnika fanlari doktori, dotsent

Nurimov Paraxat Baymuratovich

texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi «Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti» Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi DSc.03/26.05.2022.T.10.05 raqamli Ilmiy kengashning 2026 yil «_____» _____ soat _____ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100000, Toshkent shahri, M.Ulug'bek tumani, Qori Niyoziy ko'chasi, 39-uy. Tel.: (99871) 237-19-36, faks: (99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz).

Dissertatsiya bilan «Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti» Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (_____ raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100000, Toshkent shahri, M.Ulug'bek tumani, Qori Niyoziy ko'chasi, 39-uy. Tel.: (99871) 237-19-45).

Dissertatsiya avtoreferati 2026 yil «_____» _____ kuni tarqatildi.

(2026 yil «_____» _____ dagi _____ raqamli reyestr bayonnomasi.)

N.S. Mamatov

Ilmiy darajalar beruvchi

Ilmiy Kengash raisi o'rinbosari,
texnika fanlari doktori, professor

D.Q. Bekmurotov

Ilmiy darajalar beruvchi

Ilmiy Kengash ilmiy kotibi,
texnika fanlari falsafa doktori (PhD)

S.S. Radjabov

Ilmiy darajalar beruvchi

Ilmiy Kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi,
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda elektron resurslar asosida onlayn o'quv jarayonlarni tashkil etish ta'lim bozorining eng tez o'sayotgan yo'nalishi hisoblanadi va ushbu sohaga katta e'tibor qaratilmoqda. Ayniqsa, oxirgi yillarda onlayn ta'limda sun'iy intellekt texnologiyalari va ta'limda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullarining qo'llanilishini o'sishi kuzatilmoqda. Bozor tadqiqotlari va konsalting bilan shug'ullanuvchi PrecedenceResearch, Grand View Research, Mordor Intelligence tashkilotlarining hisobotiga ko'ra jahon miqyosida ta'lim sohasida sun'iy intellekt bozorining hajmi 2025-yilda 7.57 milliard AQSh dollariga yetdi. 2035-yilga kelib, ta'lim sektorida sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llashga sarflanadigan mablag' miqdori 136,79 milliard AQSh dollariga yetishi bashorat qilinmoqda. Dunyoda ta'lim sektorida sun'iy intellektni qo'llash 2026-yildan 2035-yilgacha yillik 36,02% o'sishi kutilmoqda. Sun'iy intellekt texnologiyalarining keng joriy etilishi hamda butun dunyo bo'yicha ta'limga hukumat xarajatlarining oshishi sun'iy intellektni ta'lim bozoriga bo'lgan talabini kuchaytirmoqda. Bu yo'nalishda yetakchilik qilayotgan davlatlarda, jumladan AQSh, Kanada, Germaniya, Buyuk Britaniya, Ispaniya, Italiya, Avstraliya, Rossiya Federatsiyasi, Singapur, Yaponiya, Janubiy Koreyada sun'iy intellekt va ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullarini ta'lim jarayoniga tadbiriq muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Jahonda sun'iy intellekt texnologiyalari va tegishli texnik vositalar hamda dasturiy ta'minotlardan samarali foydalanish orqali onlayn ta'lim jarayonlarini tashkil etish, boshqarish, baholash, bashorat qilish va monitoring qilishga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ayniqsa, ta'limga sun'iy intellektni tadbiriq etishda katta hajmdagi onlayn ta'lim tizimlari faoliyatini baholash uchun moslashuvchan baholash modellarini yaratish, elektron o'quv resurslarini sinflashtirish, shuningdek, resurslarning informativ belgilari majmuasini shakllantirish va ushbu belgilarni aniqlashga mo'ljallangan usul hamda algoritmlarni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

Respublikamizda mazkur yo'nalishda sun'iy intellekt texnologiyalari, mashinali o'qitish algoritmlari, ta'limda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullaridan foydalanib ta'lim platformalarini ishlab chiqish va joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. «Raqamli O'zbekiston — 2030» strategiyasida, jumladan «...o'quvchilar uchun raqamli texnologiyalardan foydalanishning umumiy darajasini oshirish maqsadida umumta'lim maktablarining asosiy o'quv dasturlariga doimiy o'zgartirishlar kiritish, ... axborot texnologiyalari sohasidagi tashkilotlarning o'quv jarayonlariga qatnashishini rag'batlantirish orqali umumta'lim maktablarida informatika fanini o'qitish metodlarini takomillashtirish»¹ vazifalari belgilangan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda jumladan, sun'iy intellekt texnologiyalari, mashinali o'qitish algoritmlari va ta'limda ma'lumotlarni tahlil qilish usullari asosida ta'lim platformalari hamda tizimlarni ishlab chiqish sun'iy intellekt texnologiyalarini

¹ O'zbekiston Respublikasi prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son «Raqamli O'zbekiston — 2030» strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Farmoni

rivojlantirishning muhim masalalaridan biri hisoblanadi. Bu borada, ta'limda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usul va algoritmlarini rivojlantirish, shuningdek, raqamlashtirish hamda tahlil qilish tizimlarida qo'llash shu kunning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-son «O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni, 2021-yil 17-fevraldagi PQ-4996-son «Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida»gi qarori, 2021-yil 26-avgustdagi «Sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llash bo'yicha maxsus rejimni joriy qilish chora-tadbirlari» haqidagi PQ-5234-son qarori, 2020-yil 6-noyabrdagi PF-6108-son «O'zbekistonning yangi taraqqiyot davrida ta'lim-tarbiya va ilm-fan sohalarini rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Farmoni, 2022-yil 11-maydagi «2022- 2026-yillarda maktab ta'limini rivojlantirish bo'yicha milliy dasturni tasdiqlash to'g'risida» gi Farmoni hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. "Axborotlashtirish va axborot-kommunikasiya texnologiyalari rivojlantirish" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Ta'limning barcha sohalarida ta'limda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullarini qo'llash va samarali foydalanish sohasida mustaqil davlatlar hamdo'stligidagi olimlaridan O. V. Yakovleva, O. Hrytsenchuk, S. V. Zaitseva, Y. M. Zhunussov va boshqalar samarali tadqiqotlar olib borgan. Intellektual o'qituvchi tizimlar, moslashuvchan ta'lim platformalari, o'quvchi xatti-harakatlarini tahlil qilish va shaxsiy ta'lim usullarini yaratishda ta'limda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullaridan foydalanish bo'yicha George Siemens, Dragan Gasevich, Ryan S. Baker, Neil T. Heffernan, Kenneth R. Koedinger, Carolyn Penstein Rose, C.Romeo kabi bir qator xorijiy olimlar fundamental tadqiqotlar olib borganlar.

Respublikamiz olimlari H.Z.Igamberdiyev, D.T.Muxamediyeva, N.S.Mamatov, O.J.Bobomurodov, O'.R.Hamdamiyev, N.O.Raximov, B.A.Akhmedov, S.S.Radjabov, T.F.Bekmuratov, Sh.H.Fozilov, A. Mirzayev, X. Madatov, M. Kasimova va boshqa olimlar mashinali o'qitish algoritmlari, ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullari, ta'limda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullarini qo'llash sohasida tadqiqotlar olib borishgan. Olib borilgan tadqiqotlarning dastlabki natijalari ijobiy, ammo ushbu sohadagi muammolarga kengroq yechim beradigan va uzoq muddatli olib boriladigan tadqiqotlar zarur.

Hozirgi kunda sun'iy intellekt va mashinali o'qitish algoritmlarini ta'limda qo'llash bo'yicha tadqiqotlar boshlang'ich bosqichda. Asosan o'quvchilarni sun'iy intellekt vositalarini, ya'ni generativ sun'iy intellekt dasturlarida ishlashga o'rgatish bo'yicha sifatli tadqiqotlar olib borilmoqda. Natijalar shuni ko'rsatadiki, o'qituvchilar ta'lim uchun o'quv materiallarini yaratishi va o'quvchilarni baholash uchun ta'limda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullaridan foydalanishga ijobiy

munosabatdalar. Biroq, keng ko‘lamli ta‘lim ma‘lumotlarini intellektual tahlil qilish, intellektual o‘qituvchi tizimlari va o‘quvchilarni fanlarni o‘zlashtirish muvaffaqiyatlarini bashorat qilish modellari bo‘yicha chuqur tadqiqotlar yetarli miqdorda olib borilmayapdi. Sohoni rivojlantirish uchun xalqaro tajribalar bilan integratsiya va uzoq muddatli tajribalar zarur.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim va ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti huzuridagi Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari ilmiy-innovatsion markazining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq, BV-V-F4-011 “Noaniqlik sharoitlarida ma‘lumotlarni intellektual tahlilining noravshan-nokorrekt masalalarini yechish usul va algoritmlari” (2017-2020) mavzusidagi ilmiy loyihi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi mashinali o‘qitish algoritmlardan foydalanib, maktab o‘quvchilarini bilim darajasini sinflarga ajratish va bashorat qilish hamda psixologik holatidagi depressiya darajasini bashorat qiluvchi algoritmlarni ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

o‘quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish algoritmlarini analitik tahlil qilish;

o‘quvchilarning yoshiga mos kognitiv rivojlanish darajasi, o‘zlashtirish sur‘ati, mantiqiy fikrlash qobiliyati hamda matematika faniga oid nazariy va amaliy bilimlarini baholovchi ko‘rsatkichlar asosida bilim darajasini kompleks aniqlash algoritmini ishlab chiqish;

o‘quvchilarning akademik tayyorgarligi, fanlarni o‘zlashtirish qobiliyati, o‘quv muhitiga moslashuv darajasi hamda ijtimoiy-psixologik xususiyatlarini tahlil qilish orqali ularning muayyan sinf yoki guruhga mosligini baholashning intellektual qoidalar tizimini ishlab chiqish;

diqqat, xotira, motivatsiya, emotsional barqarorlik, stressga chidamlilik, kommunikativ faollik va boshqa psixometrik parametrlar asosida o‘quvchilarning psixologik holatini baholash hamda kelgusidagi o‘zgarishlarni bashoratlash algoritmini ishlab chiqish;

adaptiv intellektual tizimlar imkoniyatlaridan foydalanib, o‘quvchilarning psixologik holati va o‘quv natijalari o‘rtasidagi bog‘liqliklarni aniqlash, bilim darajasidagi o‘zgarishlarni bashoratlash hamda bilim darajasini boshqarish uchun gibrin neyron tarmoq modelini ishlab chiqish;

hisoblash eksperimenti va tadqiqot natijalarini qiyosiy tahlil qilish.

Tadqiqotning obykti sifatida maktab o‘quvchilarini bilim darajasini bahosi olingan.

Tadqiqotning predmeti maktab o‘quvchilarini bilim darajasini sinflashtirish modellari va algoritmlaridan iborat.

Tadqiqotning usullari. Ishning nazariy tadqiqotlari ma‘lumotlarni intellektual tahlil qilish, sun‘iy intellekt, mashinali o‘qitish algoritmlari, neyron to‘rlarga asoslangan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

o'quvchilarni yosh xususiyatlarini inobatga olgan holda ularni matematika fanidan bilim darajasini aniqlash algoritmi ishlab chiqilgan;

o'quvchilarni bilim darajasi, qobiliyati va adaptiv ko'rsatkichlari asosida o'quvchini sinfga moslik darajasini aniqlash qoidasi ishlab chiqilgan;

o'quvchilarni psixometrik ko'rsatkichlarini inobatga olgan holda ularni psixologik holatini bashoratlash algoritmi ishlab chiqilgan;

o'quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini inobatga olgan holda psixologik holatini bashoratlash va bilim darajasini boshqarish gibril neyron tarmoq modeli ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Maktab o'quvchilarini bilim darajasini hamda psixologik holatidagi depressiya darajasini bashorat qilish, sinflarga ajratish intellektual model va algoritmlar ishlab chiqilgan;

Intellektual model va algoritmlar asosida bashorat qilish hamda maktab o'quvchilarini bilim darajasiga mos ta'lim materiallarini taqdim qilish dasturi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi maktab o'quvchilarini bilim darajasini hamda psixologik holatidagi depressiya darajasini bashorat qilish, sinflarga ajratish uchun model va algoritmlarni ishlab chiqishda matematik apparatning to'g'ri qo'llanilishi hamda tajribaviy tadqiqotlarning ijobiy natijalari bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati LightGBM mashinali o'qitish algoritmi, DKT va transformer mashinali o'qitish modellari ketma-ketligidan iborat gibril model va XGBoost mashinali o'qitish algoritmi asosida sinflashtirish modelini takomillashtirish bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati maktab o'quvchilarini bilim darajasini gibril intellektual yondashuv asosida sinflashtirish model va algoritmlarini qo'llab, o'quvchilarning matematika fanidan o'zlashtirish darajasini oshirishni baholash bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. O'quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish bilan bog'liq bo'lgan mavjud hamda taklif etilgan model va algoritmlar yordamida ishlab chiqilgan dasturiy majmua:

O'quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish algoritmlari asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Xorazm viloyati Hazorasp tumanidagi 16-son umumiy o'rta ta'lim maktabiga joriy qilingan (Xorazm viloyati hokimligining 2025-yil 30-oktabrdagi 23-23-09/11069-son ma'lumotnomasi). Natijada, ta'limda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullari asosida yaratilgan ta'lim platformasi sinov-tajriba rejimida inson faktorini kamaytirgan holatda mashinali o'qitishga asoslangan ta'lim platformasining dasturiy vositasi ishlab chiqildi. Mazkur dasturiy vosita maktab o'quvchilarini matematika fanidan bilim darajasini bashorat qilish va psixologik holatidagi depressiya darajasini bashorat qilishni amalga oshirdi. Mazkur ishlab chiqilgan algoritmi maktab o'quvchilarini bilim darajasini o'rtacha 10-13% oshirish imkoniyatini bergan;

O'quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish algoritmlari asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Xorazm viloyati

Hazorasp tumanidagi 31-son umumiy oʻrta taʼlim maktabiga joriy qilingan (Xorazm viloyati hokimligining 2025-yil 30-oktabrdagi 23-23-09/11069-son maʼlumotnomasi). Natijada, taʼlimda maʼlumotlarni intellektual tahlil qilish usullari asosida yaratilgan taʼlim platformasi sinov-tajriba rejimida inson faktorini kamaytirgan holatda mashinali oʻqitishga asoslangan taʼlim platformasining dasturiy vositasi ishlab chiqildi. Mazkur dasturiy vosita maktab oʻquvchilarini matematika fanidan bilim darajasini bashorat qilish va psixologik holatidagi depressiya darajasini bashorat qilishni amalga oshirdi. Mazkur ishlab chiqilgan algoritim maktab oʻquvchilarini bilim darajasini oʻrtacha 9-12% oshirish imkoniyatini bergan;

Oʻquvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish algoritmlari asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Xorazm viloyati Hazorasp tumanidagi 33-son umumiy oʻrta taʼlim maktabiga joriy qilingan (Xorazm viloyati hokimligining 2025-yil 30-oktabrdagi 23-23-09/11069-son maʼlumotnomasi). Natijada, taʼlimda maʼlumotlarni intellektual tahlil qilish usullari asosida yaratilgan taʼlim platformasi sinov-tajriba rejimida inson faktorini kamaytirgan holatda mashinali oʻqitishga asoslangan taʼlim platformasining dasturiy vositasi ishlab chiqildi. Mazkur dasturiy vosita maktab oʻquvchilarini matematika fanidan bilim darajasini bashorat qilish va psixologik holatidagi depressiya darajasini bashorat qilishni amalga oshirdi. Mazkur ishlab chiqilgan algoritim maktab oʻquvchilarini bilim darajasini oʻrtacha 10-15% oshirish imkoniyatini bergan;

Oʻquvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish algoritmlari asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Xorazm viloyati Hazorasp tumanidagi “UPPERMOST” nodavlat taʼlim muassasasiga joriy qilingan (Xorazm viloyati hokimligining 2025-yil 30-oktabrdagi 23-23-09/11069-son maʼlumotnomasi). Natijada, taʼlimda maʼlumotlarni intellektual tahlil qilish usullari asosida yaratilgan taʼlim platformasi sinov-tajriba rejimida inson faktorini kamaytirgan holatda mashinali oʻqitishga asoslangan taʼlim platformasining dasturiy vositasi ishlab chiqildi. Mazkur dasturiy vosita maktab oʻquvchilarini matematika fanidan bilim darajasini bashorat qilish va psixologik holatidagi depressiya darajasini bashorat qilishni amalga oshirdi. Mazkur ishlab chiqilgan algoritim maktab oʻquvchilarini bilim darajasini oʻrtacha 11-13% oshirish imkoniyatini bergan;

Oʻquvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish algoritmlari asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Xorazm viloyati Bogʻot tumanidagi 33-son umumiy oʻrta taʼlim maktabiga joriy qilingan (Xorazm viloyati hokimligining 2025-yil 30-oktabrdagi 23-23-09/11069-son maʼlumotnomasi). Natijada, taʼlimda maʼlumotlarni intellektual tahlil qilish usullari asosida yaratilgan taʼlim platformasi sinov-tajriba rejimida inson faktorini kamaytirgan holatda mashinali oʻqitishga asoslangan taʼlim platformasining dasturiy vositasi ishlab chiqildi. Mazkur dasturiy vosita maktab oʻquvchilarini matematika fanidan bilim darajasini bashorat qilish va psixologik holatidagi depressiya darajasini bashorat qilishni amalga oshirdi. Mazkur ishlab chiqilgan algoritim maktab oʻquvchilarini bilim darajasini oʻrtacha 11-13% oshirish imkoniyatini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 5 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida maʼruza qilingan hamda muhokamadan oʻtkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 31 ta ilmiy ish e'lon qilingan, jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 9 ta maqola, jumladan, 4 tasi respublika va 5 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan hamda 3 ta EHM uchun yaratilgan dasturiy vositalarini qayd qilish guvohnomalari olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tuzilishi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 119 betni tashkil etgan.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirishda dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan. Tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilab olingan hamda tadqiqot obyekti va predmeti aniqlangan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslab berilgan, ularning nazariy va amaliy ahamiyati ko'rsatilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish holati, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**O'quvchilarning bilim darajasini baholash va bashoratlashning zamonaviy analitik tahlili**» deb nomlangan birinchi bobi o'quvchilarning bilim darajasini baholash va bashoratlashning zamonaviy tahliliga bag'ishlangan bo'lib, unda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish masalalari va zamonaviy usullari hamda o'quvchilarning bilim darajasini baholash va bashoratlashni analitik tahlili o'quvchilarning bilim darajasini baholashda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullarini qo'llash hamda o'quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish algoritmlari uchun masalaning qo'yilishi yoritib berilgan.

1.1-paragrafda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish masalalari va zamonaviy usullari tahlil etilgan bo'lib, unda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullari haqida batafsil ma'lumotlar bayon etilgan.

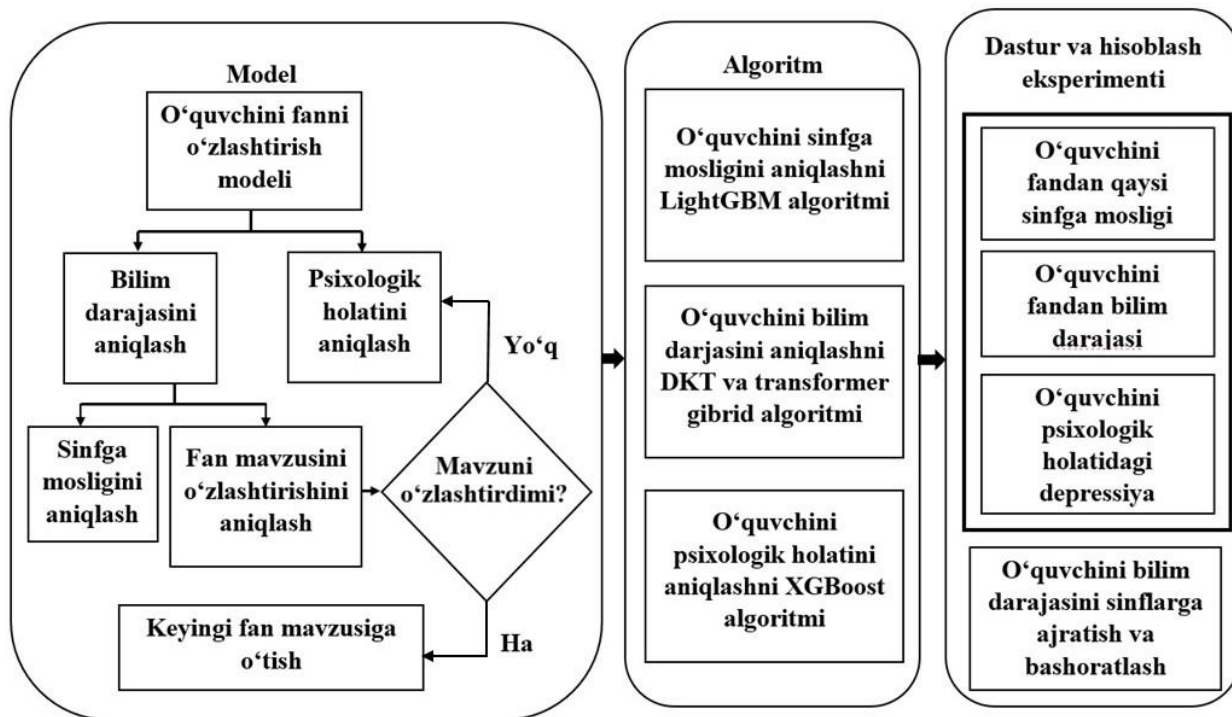
1.2-paragrafda o'quvchilarning bilim darajasini baholash va bashoratlash analitik tahlil qilingan bo'lib, unda ta'limda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullarini qo'llab ilmiy-tadqiqotlar olib borgan tadqiqotchilarning ilmiy ishlari tahlil etilgan.

1.3-paragrafda o'quvchilarning bilim darajasini baholashda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullarini amaliyotda qo'llash, ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish usullari asosida yaratilgan dasturiy majmualar yoritib berilgan.

1.4-paragrafda o'quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini baholash hamda boshqarish algoritmlari matematik jihatdan bayon etilgan. Shuningdek, ushbu paragrafda tadqiqotda qaralayotgan masalani matematik modeli yoritib berilgan (1-rasm).

Dissertatsiyaning «**O'quvchilarning bilimni test yordamida intellektual baholash**» deb nomlanuvchi ikkinchi bobi 3 ta paragrafdan iborat bo'lib, ushbu bob o'quvchilarning bilimni test yordamida intellektual baholashga bag'ishlangan, unda o'quvchilarning bilim darajasini intellektual baholash uchun zarur mezonlarni

aniqlash hamda o'quvchilarni yosh xususiyatlarini inobatga olgan holda ularni matematika fanidan bilim darajasini aniqlash algoritmi ishlab chiqish bayon etilgan. Shuningdek, o'quvchilarni bilim darajasi, qobiliyati va adaptiv ko'rsatkichlari asosida o'quvchini sinfga moslik darajasini aniqlash algoritmini ishlab chiqish yoritib berilgan.



1-rasm. Olib borilgan tadqiqotning tuzilmasi.

2.1-paragrafda o'quvchilarning bilim darajasini intellektual baholash uchun mezonlarni aniqlash, ya'ni o'quvchilarning bilim darajasini sinflarga ajratish va bashorat qilish uchun LightGBM mashinali o'qitish algoritmi, DKT va transformer modellari ketma-ketligidan iborat gibril modelda foydalaniladigan o'quv ma'lumotlar to'plami tavsiflangan hamda tahlil etilgan.

2.2-paragrafda o'quvchilarni yosh xususiyatlarini inobatga olgan holda ularni matematika fanidan bilim darajasini aniqlash algoritmini ishlab chiqish bayon etilgan.

Gibril model masalani yechishi bir nechta bosqichlarga bo'linadi. Dastlabki bosqichda DKT va transformer modellari ketma-ketligidan iborat gibril model uchun mo'ljallangan o'quv ma'lumotlar to'plamidan ma'lumotlar yuklanadi va keyingi bosqich uchun tayyorlash amalga oshiriladi. O'quv ma'lumotlar to'plamidagi ustunlar quyidagicha belgilangan:

$$\tilde{s}_i, \tilde{k}_i, \tilde{q}_i, \tilde{o}_i, \tilde{t}_i, \quad (1)$$

bu yerda $\tilde{i} = 1, 2, \dots, n$, \tilde{s}_i – student_id, \tilde{k}_i – skill_id, \tilde{q}_i – question_id, \tilde{o}_i – correct (0 yoki 1), \tilde{t}_i – ms_first_response, n – o'quv ma'lumotlar to'plamidagi satrlar soni.

Har bir o'quvchi uchun vaqt bo'yicha tartiblangan ketma-ketlik quyidagi formula orqali yaratiladi:

$$\tilde{S}_m = \left[\left(\tilde{k}_1, \tilde{q}_1, \tilde{o}_1, \tilde{t}_1 \right), \left(\tilde{k}_2, \tilde{q}_2, \tilde{o}_2, \tilde{t}_2 \right), \dots, \left(\tilde{k}_T, \tilde{q}_T, \tilde{o}_T, \tilde{t}_T \right) \right]. \quad (2)$$

Yuqoridagi formulada \tilde{m} – o‘quvchi tartib raqamini bildiradi, \tilde{T} ta \tilde{m} – o‘quvchi uchun vaqt qadami bo‘yicha ajratilgan savollar soni, \tilde{S} – hamma savollarga berilgan javoblar to‘plami.

DKT modelida har bir o‘quvchining t vaqtda qaysi savolga bergan javobi to‘g‘ri yoki noto‘g‘ri bo‘lgani one-hot vektor orqali ifodalanadi. Agar o‘quvchiga \tilde{R} ta savol berilsa, har bir vaqt bosqichi uchun o‘lchami $2\tilde{R}$ bo‘lgan one-hot vektori yaratiladi, bunda birinchi \tilde{R} ta element \tilde{i} – savolga o‘quvchi tomonidan to‘g‘ri javob berilgan holat uchun, ikkinchi \tilde{R} ta element \tilde{i} – savolga o‘quvchi tomonidan noto‘g‘ri javob berilgan holat uchun foydalaniladi.

Natijada, one-hot vektori hosil qilinadi va o‘quvchi tomonidan berilgan savollar hamda javoblar ketma-ketligining birlashmasi $(q'_1, r'_1), (q'_2, r'_2), \dots, (q'_{\tilde{R}}, r'_{\tilde{R}})$ orqali har bir bosqichda mos ravishda \tilde{x}_t hosil qilinadi va ular LSTM algoritmgiga ketma-ket kirish qiymat sifatida yuboriladi:

$$h_t = L(\tilde{x}_t, h_{t-1}), \quad (3)$$

bu yerda L – LSTM.

Maktab o‘quvchisining ayni vaqtdagi bilim holati, ya’ni joriy bilim holati:

$$\begin{aligned} h_0 &= 0, \\ h_1 &= L(\tilde{x}_1, h_0), \\ h_2 &= L(\tilde{x}_2, h_1), \\ &\dots \\ h_t &= L(\tilde{x}_t, h_{t-1}), \end{aligned} \quad (4)$$

bu yerda L – LSTM to‘ri.

h_t LSTM to‘rining yashirin holatini beradi va DKT modelida o‘quvchining vaqtga bog‘liq bilimini saqlaydi. LSTM qismidan chiqish sifatida ketma-ketlik bo‘yicha barcha yashirin holatlar to‘plami olinadi:

$$H' = [h_1, h_2, h_3, \dots, h_t], \quad (5)$$

LSTM qatlamidan olingan h_t yashirin holatlari transformer modelining encoder qismiga kiritiladi. Transformer modelining o‘z-o‘ziga e’tibor mexanizmi (self-attention) bloklaridagi asosiy formula quyidagicha:

$$A(Q, K, V) = \beta \left(\frac{QK^T}{\sqrt{d'_k}} \right) V. \quad (6)$$

Transformer modelining ko‘p boshli e’tibor qismi (multi-head attention):

$$\begin{aligned} M'(H') &= C'(h'_1, \dots, h'_h)W^o, \\ h_t &= A(H'W_t^Q, H'W_t^K, H'W_t^V), \end{aligned} \quad (7)$$

bu yerda A – e’tibor (Attention), β – softmax aktivatsiya funksiyasi, M' – ko‘p-boshli e’tibor (MultiHead), C' – ketma-ket birlashtirish (Concat), h' – bosh (head), W – vazn matritsasi, Q – so‘rov, K – kalit, V – qiymat.

Transformer modelining encoder blokida qatlam normallashtirish (LayerNorm) va rezidual (residual) bog‘lanishlar bilan Feed-Forward Network (ikki qatlamli perseptron) bor:

$$\begin{aligned}\tilde{H} &= \tilde{L}(H' + M'(H')), \\ H'' &= \tilde{L}(\tilde{H} + F(\tilde{H})),\end{aligned}\tag{8}$$

bu yerda \tilde{L} – LayerNorm, M' – MultiHead, $H' + MultiHead$ – residual bog‘lanish, eski ma‘lumotni yo‘qotmasdan yangi olingan xulosalarga eski bilimlarni qo‘shib ketadi, *LayerNorm* – qatlam normallashtirish, ma‘lumotlarni bir xil standartga, ya‘ni normaga keltiradi, shunda neyron to‘ri tezroq o‘rganadi, F – Feed-Forward to‘ri, bu qism har bir olingan ma‘lumotni chuqurroq tahlil qiladi (ikki qatlamdan iborat ko‘p qatlamli perseptron).

$$Z = [z_1, z_2, z_3, \dots, z_{\bar{T}}],\tag{9}$$

bu yerda \bar{T} o‘quvchining tizim bilan bo‘lgan barcha muloqotlari soni.

Transformer modelidan chiqishini (9) formula ifodalaydi, u ketma-ketlikdagi har bir pozitsiyaning global kontekstli vakilini beradi.

Ketma-ketlikdan yagona umumiy vektor olingandan so‘ng, u skalyar qiymatga aylantiriladi. Bu holatda ko‘p qatlamli perseptron va sigmoid funksiya birgalikda ishlatiladi.

$$\hat{q} = \tau(W_p^T \phi(W_u u + b_u) + b_p),\tag{10}$$

bu yerda ϕ – aktivatsiya funksiyasi, yuqoridagi holat uchun GELU aktivatsiya funksiyasi ishlatilgan, $W_u u + b_u$ – birinchi qatlam (linear transform), $W_p^T \phi(\cdot) + b_p$ – ikkinchi qatlam (bu odatda bir skalyar chiqish uchun qo‘llaniladi), W_p^T – vektor (matritsa ustunlarining transponirlangani), natijada skalyar s' olinadi: $s' = W_p^T h' + b_p$, τ – sigmoid funksiya, skalyarni $(-\infty; +\infty)$ oraliqdan $(0;1)$ oraliqni oladi.

Natijada, \hat{q} ehtimollik qiymati hisoblanadi, ya‘ni o‘quvchi matematika fani mavzusini qanchalik darajada o‘zlashtirganligi aniqlanadi.

$$\hat{q} \geq \varphi,\tag{11}$$

agar o‘quvchi φ qiymatidan katta yoki teng bo‘lsa, mavzuni o‘zlashtirgan aks holda, mavzuni o‘zlashtira olmagan hisoblanadi.

DKT va transformer modellari ketma-ketlikidan iborat gibridd algoritmlar o‘quvchilarni yosh xususiyatlarini inobatga olgan holda ularni matematika fanidan bilim darajasini aniqlash algoritmi hisoblanadi.

2.3-paragrafda o‘quvchilarni bilim darajasini, qobiliyatini va adaptiv ko‘rsatkichlari asosida o‘quvchini sinfga moslik darajasini aniqlash algoritmi ishlab chiqish bayon etilgan.

Maktab o‘quvchilarining matematika fanidan bilim darajasi, o‘quvchining qobiliyati va adaptiv ko‘rsatkichlari asosida matematika fanidan o‘quvchining bilim darajasi sinfga moslik darajasini aniqlash qoidasi ishlab chiqilgan. Ushbu qoida quyidagi algoritmlar shaklida ifodalanadi.

LightGBM mashinali o'qitish algoritmi maktab o'quvchilarini fanlardan qaysi sinfga mos ekanligini bashorat qilishda kiruvchi ma'lumotlar sifatida har bir o'quvchiga berilgan a ta test savollarining natijalarini ikkilik ko'rinishda qabul qiladi. Savollar ketma-ketligi:

$$Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_a. \quad (12)$$

Har bir savolni javob qiymati sifatida 1 yoki 0 saqlanadi. 1 raqami savolga o'quvchi tomonidan berilgan to'g'ri javobni, 0 noto'g'ri javobni bildiradi.

Umumiy maqsad funksiyasi mashinali o'qitish algoritmining aniqligi, ya'ni yo'qotishlar va soddaligi, ya'ni regularizatsiya o'rtasidagi muvozanatni ta'minlaydi. Umumiy maqsad funksiyasi:

$$\tilde{L}(F) = \sum_{s=1}^S L'(v_s, F(X_s)) + \sum_{m=1}^M \Omega(f_m), \quad (13)$$

bu yerda $L'(\cdot)$ – yo'qotish funksiyasi, S – o'quv ma'lumotlar to'plamidagi namunalar soni, v_s – s -obyektning haqiqiy qiymati (o'quvchining haqiqiy bilim darajasi), X_s – s -obyektning belgilar to'plami, $F(X_s)$ – algoritm tomonidan X_s belgilar asosida berilgan bashorat qiymati, M – algoritmga qo'shilgan jami daraxtlar soni, f_m – m -qadamda qurilgan alohida qaror daraxti, $\Omega(f_m)$ – m -daraxtning murakkabligi uchun beriladigan jarima qiymati.

O'qitilgan mashinali o'qitish algoritmi berilgan kirish qiymatlar uchun har bir sinf ehtimolini hisoblaydi. Ko'p sinfli klassifikatsiya uchun softmax funksiyasi qo'llaniladi:

$$p(v = k | X_s) = \frac{e^{F_k(X_s)}}{\sum_{k=1}^K e^{F_k(X_s)}}, \quad (14)$$

bu yerda K – sinflar soni ($K = 6$), $F_k(X_s)$ – k -sinf uchun mashinali o'qitish algoritmining bashorat qiymati.

LightGBM algoritmidan chiquvchi ma'lumotlar sifatida o'quv ma'lumotlar to'plamidagi Sinf ustunidagi qiymatlar tanlanadi:

$$v \in \{6, 7, 8, 9, 10, 11\}. \quad (15)$$

Dissertatsiyaning «**O'quvchilarning psixologik holatidagi depressiyani mashinali o'qitish algoritmlari asosida bashoratlash**» deb nomlangan uchinchi bobi o'quvchilarning psixologik holatidagi depressiya darajasini mashinali o'qitish algoritmlari asosida bashoratlashga bag'ishlangan bo'lib, unda o'quvchilarni psixologik holatini bashoratlashda zarur mezonlarni aniqlash hamda o'quvchilarni psixometrik ko'rsatkichlarini inobatga olgan holda ularni psixologik holatini bashoratlash algoritmini ishlab chiqish bayon etilgan. Shuningdek, psixologik usul orqali o'quvchilarning psixologik holatidagi depressiya darajasini bashoratlash haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Mazkur paragrafda XGBoost mashinali o'qitish algoritmi yordamida 6-sinfdan 11-sinfgacha oraliqdagi maktab o'quvchilarining psixologik holatidagi depressiya darajasini bashorat qiluvchi algoritmi uchun ishlatiladigan o'quv ma'lumotlar to'plamining barcha ustunlari, ya'ni o'quvchilarni psixologik holatidagi depressiya darajasini bashorat qilishda zarur mezonlar batafsil tahlil qilinadi. Bundan tashqari,

PHQ-A usuli ham batafsil yoritib beriladi. PHQ-A usuli PHQ-9 usulining bolalar va o'smirlar uchun moslashtirilgan shakli hisoblanadi.

PHQ-A usuli orqali o'quvchiga beriladigan savollar uchun javoblar umuman yo'q (0), bir necha kun davomida (1), kunlarning ko'p qismida (2), deyarli har kuni (3) ko'rinishida bo'ladi. 9 ta savollarning har biriga yuqoridagi 4 ta javoblar bir hil shaklda beriladi. Har bir javob uchun 0 dan 3 gacha ball beriladi. O'quvchi 9 ta savollarga javob berganidan so'ng, har bir javob uchun ajratilgan ballar yig'iladi. Ballar yig'indisi quyidagicha sinflarga ajratiladi: 0-4 oraliqdagi ball o'quvchida minimal darajada depressiya bor ekanligini yoki depressiya yo'q ekanligini bildiradi, 5-9 oraliqdagi ball o'quvchida yengil darajadagi depressiya bor ekanligini bildiradi, 10-14 oraliqdagi ball o'quvchida o'rta darajadagi depressiya bor ekanligini bildiradi, 15-19 oraliqdagi ball o'quvchida o'rtadan yuqori darajadagi depressiya bor ekanligini bildiradi, 20-27 oraliqdagi ball o'quvchida og'ir darajadagi depressiya bor ekanligini bildiradi.

3.2-paragrafda XGBoost mashinali o'qitish algoritmi orqali o'quvchilarni psixometrik ko'rsatkichlarini inobatga olgan holda ularni psixologik holatini bashoratlash algoritmini ishlab chiqish ko'rib chiqiladi.

XGBoost mashinali o'qitish algoritmiga kiruvchi ma'lumotlar sifatida psixologik test savollariga o'quvchi tomonidan berilgan javoblar olinadi:

$$\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \mathcal{G}_3, \dots, \mathcal{G}_{18}. \quad (16)$$

XGBoost mashinali o'qitish algoritmi M ta qaror daraxtining yig'indisi sifatida ifodalanadi:

$$F(\mathcal{G}_r) = \sum_{m=1}^M f_m(\mathcal{G}_r), \quad (17)$$

bu yerda $F(\mathcal{G}_r)$ – O'quvchi uchun yakuniy bashorati, ya'ni depressiya darajasi ehtimolligi, $f_m(\mathcal{G}_r)$: m – daraxtning \mathcal{G}_r kiruvchi qiymati uchun bergan hissasini, ya'ni bashoratini bildiradi, M : mashinali o'qitish algoritmida mavjud bo'lgan daraxtlarning umumiy soni.

Maqsad funksiyasi umumiy funksiya, u mashinali o'qitish algoritmini o'rgatish jarayonida minimallashtirish kerak bo'lgan qiymat hamda uning vazifasi eng yaxshi daraxtlar to'plamini topish hisoblanadi. Yo'qotish funksiyasi mashinali o'qitish algoritmining bashoratlari va haqiqiy qiymatlar o'rtasidagi xatolikni o'lchaydi va uning vazifasi mashinali o'qitish algoritmining aniqligini baholashdan iborat. Regulyarizatsiya funksiyasi mashinali o'qitish algoritmining murakkabligini nazorat qiladi va uning vazifasi o'quv ma'lumotlar to'plamiga o'rganib qolishni oldini olish va mashinali o'qitish algoritmini soddalashtirib, yangi ma'lumotlarga yaxshi moslashtirish hisoblanadi.

$$\tilde{L}(F(\mathcal{G}_r)) = \sum_{v'=1}^{\varepsilon} L'((F(\mathcal{G}_r))_{v'}, (F(\mathcal{G}_r))_{v'}^{m-1} + f_m(\mathcal{G}_r)) + \Omega(f_m), \quad (18)$$

$$\Omega(F) = \lambda \hat{T} + \frac{1}{2} \lambda \sum_{\hat{c}=1}^{\hat{t}} w_{\hat{c}}^2, \quad (19)$$

bu yerda \tilde{L} – maqsad funksiyasi, λ – regulyatsiya koeffisienti, \hat{T} – barglar soni, $w_{\hat{c}}$ – \hat{c} bargning og'irligi.

Chiqish, ya'ni maqsad ustuni sifatida ma'lumotlar to'plamidagi "PHQ9_label" va "Honesty" ustunlari olinadi va bu holat o'quvchining test savollariga bergan javoblari hamda javob berish vaqtiga qarab sinflarga ajratish amalga oshiriladi.

Chiquvchi ma'lumotlar sifatida ikkita ustundagi ma'lumotlar chiqadi. Birinchisi "PHQ9_label" ustunidagi ko'p sinfli sinflarga ajratish qiymati.

$$\chi \in \{1, 2, 3, \dots, E'\}, \quad (20)$$

bu yerda $E' = 5$, ya'ni beshta sinf 0-4 oraliqdagi ball minimal darajada depressiya, 5-9 oraliqdagi ball yengil darajadagi depressiya, 10-14 oraliqidagi ball o'rta darajadagi depressiya, 15-19 oraliqdagi ball o'rtadan yuqori darjadagi depressiya, 20-27 oraliqidagi ball og'ir darajadagi depressiya.

Ikkinchi ustun:

$$\chi' \in \{0; 1\}. \quad (21)$$

Ikkilik klassifikatsiya amalga oshiriladi, ya'ni 1 to'g'ri, 0 noto'g'ri sinflar.

3.3-paragrafda XGBoost mashinali o'qitish algoritmidan foydalanib o'quvchilarning psixologik holatidagi depressiya darajasini bashoratlash algoritmi ishlab chiqilgan.

Kiruvchi qiymatlar sifatida 18 ta qiymatlar XGBoost mashinali o'qitish algoritmiga kiritiladi.

Natija sifatida algoritm o'quv ma'lumotlar to'plamidagi ikkita ustunni chiqaradi, birinchisi "PHQ9_label" ustuni ikkinchisi "Honesty" ustuni. "PHQ9_label" ustunida beshta qiymat, ya'ni "minimal", "yengil", "o'rta", "o'rtadan yuqori", "og'ir" jami beshta sinf, ikkinchi "Honesty" ustunida "rost" va "yolg'on" ikkita sinf mavjud. Ikkita chiquvchi ustunlardagi qiymatlar o'zaro kombinatsiyasida jami sakkizta chiqish qiymatlarini hosil qilishadi:

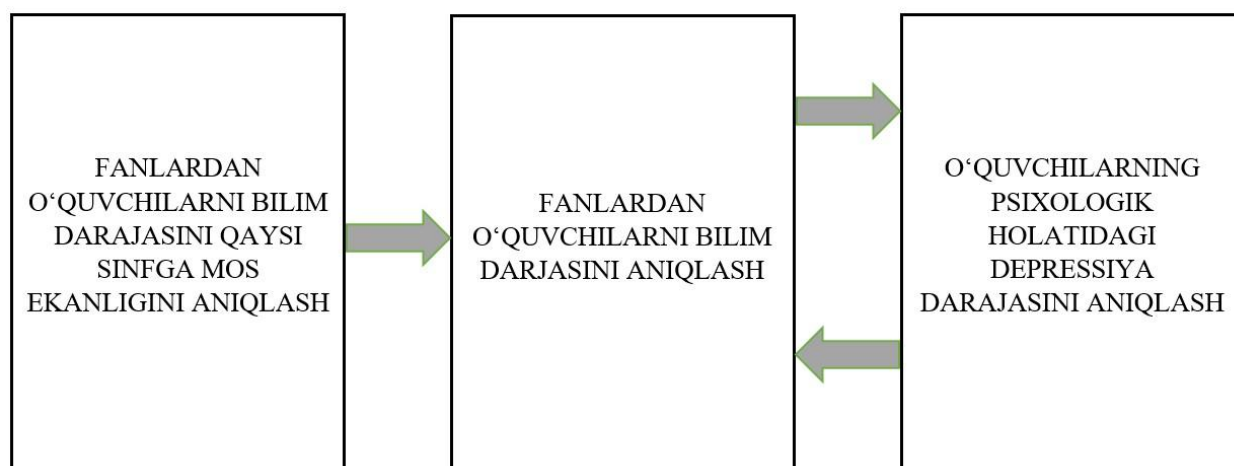
Minimal-rost: o'quvchi 0-4 oraliqdagi ball to'plasa va savollarga 2-5 daqiqada javob bersa, savollarga bergan javoblari har xil bo'lsa, ma'no jihatdan savollarga bir xil mantiqiy ketma-ketlikda javob bersa; Yengil-rost: o'quvchi 5-9 oraliqdagi ball to'plasa va savollarga 2-5 daqiqada javob bersa, savollarga bergan javoblari har xil bo'lsa, ma'no jihatdan savollarga bir xil mantiqiy ketma-ketlikda javob bersa; O'rta-rost: o'quvchi 10-14 oraliqidagi ball to'plasa va savollarga 2-5 daqiqada javob bersa, savollarga bergan javoblari har xil bo'lsa, ma'no jihatdan savollarga bir xil mantiqiy ketma-ketlikda javob bersa; O'rtadan yuqori-rost: o'quvchi 15-19 oraliqdagi ball to'plasa va savollarga 2-5 daqiqada javob bersa, savollarga bergan javoblari har xil bo'lsa, ma'no jihatdan savollarga bir xil mantiqiy ketma-ketlikda javob bersa; Og'ir-rost: o'quvchi 20-27 oraliqidagi ball to'plasa va savollarga 2-5 daqiqada javob bersa, savollarga bergan javoblari har xil bo'lsa, ma'no jihatdan savollarga bir xil mantiqiy ketma-ketlikda javob bersa; Minimal-yolg'on: o'quvchi 0-4 oraliqdagi ball to'plasa va savollarga 60 soniyada javob bersa, savollarga bergan javoblari bir xil bo'lsa, ma'no jihatdan savollarga har xil mantiqiy ketma-ketlikda javob bersa; Yengil-yolg'on: o'quvchi 5-9 oraliqdagi ball to'plasa va savollarga 60 soniyada javob bersa, savollarga bergan javoblari bir xil bo'lsa, ma'no jihatdan savollarga har xil mantiqiy ketma-ketlikda javob bersa; O'rta-yolg'on: o'quvchi 10-14 oraliqidagi ball to'plasa va savollarga 60 soniyada javob bersa, savollarga bergan javoblari bir xil bo'lsa, ma'no jihatdan savollarga har xil mantiqiy ketma-ketlikda javob bersa; O'rtadan

yuqori-yolgʻon: oʻquvchi 15-19 oraliqdagi ball toʻplasa va savollarga 60 soniyada javob bersa, savollarga bergan javoblari bir xil boʻlsa, maʼno jihatdan savollarga har xil mantiqiy ketma-ketlikda javob bersa; Ogʻir-yolgʻon: oʻquvchi 20-27 oraliqidagi ball toʻplasa va savollarga 60 soniyada javob bersa, savollarga bergan javoblari bir xil boʻlsa, maʼno jihatdan savollarga har xil mantiqiy ketma-ketlikda javob bersa.

Maktab oʻquvchilarining psixometrik koʻrsatkichlarini inobatga olgan holda ularni psixologik holatini bashoratlash algoritmi ishlab chiqildi. Oʻquvchilarning psixometrik koʻrsatkichlarini aniqlashda Kronbax alfa koeffisientidan foydalanildi.

Dissertatsiyaning «**Oʻquvchilarning bilim darajasini baholash va bashoratlash dasturiy mahsulotini ishlab chiqish**» deb nomlanuvchi toʻrtinchi bobi oʻquvchilarning bilim darajasini baholash va bashoratlash dasturiy mahsulotini ishlab chiqishga bagʻishlangan boʻlib, unda dasturiy majmua arxitekturasini ishlab chiqish hamda dasturiy majmua modullarini yaratish bayon etilgan. Shuningdek, hisoblash eksperimenti va solishtirma tahlil yoritib berilgan.

4.1-paragrafda dasturiy majmua arxitekturasini ishlab chiqish batafsil yoritilgan. Arxitektura uchta moduldan tashkil topgan. Birinchi modulda oʻquvchilarni matematika fanidan bilim darajasi qaysi sinfga mos tushishini aniqlash uchun LightGBM mashinali oʻqitish algoritmi qoʻllanilgan. LightGBM algoritmi har bir oʻquvchini matematika fanidan haqiqiy bilim darajasini bashorat qilib, aniqlab beradi. Ikkinchi modulda DKT modelini transformer modeli bilan ketma-ket gibril shaklda qoʻllagan holda matematika fanidan oldingi savollarga bergan javoblarining natijalariga asoslanib, oʻquvchini keyingi har bir savolga javob berish ehtimolligini hisoblaydi. Ushbu ehtimollik (0;1) oraliqda hisoblanadi. Agar ehtimollikning qiymati 0.7 dan yuqori boʻlsa, oʻquvchi ushbu savol tegishli fan mavzusini oʻzlashtirgan hisoblanadi aks holda, arxitektura oʻquvchi ushbu fan mavzusini oʻzlashtirmagan deb hisoblab, oʻquvchiga ushbu mavzuga tegishli qoʻshimcha taʼlim materiallarni taqdim qiladi va oʻquvchi oʻziga taqdim qilingan materiallarni oʻqib oʻrganib test savollarini qayta topshirishi mumkin. 2-rasmda tasvirlangan arxitektura asosida oʻquvchilarning psixologik holati va bilim darajasini inobatga olgan holda oʻquvchilarning psixologik holatini bashoratlash va bilim darajasini boshqarish gibril neyron tarmoq modeli ishlab chiqildi.



2-rasm. Dasturiy majmua arxitekturasi.

4.2-paragrafda dasturiy majmua modullarini yaratish, ya'ni yuqoridagi rasmda tasvirlangan dasturiy majmua arxitekturasini modullarga bo'lgan holatda har bir modul alohida tahlil qilinadi.

4.3-paragrafda dasturiy majmua orqali o'tkazilgan tajribaning natijalari har bir modul bo'yicha alohida tahlil qilinadi.

1-jadval.

LightGBM mashinali o'qitish algoritmi uchun chalkashlik matritsasi

True/False	6-sinf	7-sinf	8-sinf	9-sinf	10-sinf	11-sinf
6-sinf	107	3	3	0	0	0
7-sinf	5	112	2	0	0	0
8-sinf	1	1	108	0	0	0
9-sinf	1	1	2	110	0	0
10-sinf	0	0	1	1	109	0
11-sinf	0	0	0	1	2	111

LightGBM mashinali o'qitish algoritmi tomonidan 681 ta maktab o'quvchilarining matematika fanidan bilim darajasi "6-sinf", "7-sinf", "8-sinf", "9-sinf", "10-sinf", "11-sinf" sinflarga jami 6 ta sinfda bashorat qilindi. LightGBM algoritmi tomonidan to'g'ri bashorat qilingan, ya'ni bilim darajasi bo'yicha o'z sinfiga mos o'quvchilar soni 657 ta. Mashinali o'qitish algoritmi tomonidan noto'g'ri bashorat qilingan o'quvchilar soni 24 tani tashkil qildi. Mashinali o'qitish algoritmining aniqligi 96.48% ni tashkil qildi.

2-jadval.

Gibrid (DKT va transformer) algoritmi uchun chalkashlik matritsasi

True/False	Qoniqarli	Qoniqarsiz
Qoniqarli	105938165	2953893
Qoniqarsiz	9819	58123

Tajribada qatnashgan 681 ta 6-sinfdan 11-sinfgacha oraliqdagi o'quvchilarni 108960000 ta savollarga bergan javoblari natijalari tahlil qilindi. DKT va transformer modellar ketma-ketligidan iborat gibrid model 108892058 ta savollarning natijalarini qoniqarli sinfiga ajratdi aslida, 108892058 ta savollarni 105938165 tasi qoniqarli 2953893 tasi qoniqarsiz, gibrid model 67942 ta savollarni qoniqarsiz bashorat qilgan aslida, 67942 ta savollarning 58123 tasi qoniqarsiz 9819 tasi qoniqarli. Aniqlik 97.28% ga teng.

Bir o'quv yili chorakidagi tajriba sinovi davrida jami 681 ta o'quvchining 194 tasi psixologik test topshirishdi, ya'ni XGBoost mashinali o'qitish algoritmi 194 nafar o'quvchilarda depressiyaning darajalarini borligini bashorat qildi. XGBoost mashinali o'qitish modeli tomonidan 194 ta maktab o'quvchilarining psixologik holatidagi depressiya darajasi "Minimal-rost", "Yengil-rost", "O'rta-rost", "O'rtadan

yuqori-rost”, “Og‘ir-rost”, “Minimal-yolg‘on”, “Yengil-yolg‘on”, “O‘rta-yolg‘on”, “O‘rtadan yuqori-yolg‘on”, “Og‘ir- yolg‘on” sinflarga jami 10 ta sinflarga ajratilib, bashorat qilindi. XGBoost algoritmi tomonidan to‘g‘ri bashorat qilingan sinflar soni 172 ga teng, algoritm tomonidan noto‘g‘ri bashorat qilingan sinflar soni 22 taga teng. Algoritmning umumiy aniqligi 88.66% ga teng.

3-jadval.

XGBoost mashinali o‘qitish algoritmi uchun chalkashlik matritsasi

Rost/Yolg‘on	Minimal-rost	Yengil-rost	O‘rta-rost	O‘rtadan yuqori-rost	Og‘ir-rost	Minimal-yolg‘on	Yengil-yolg‘on	O‘rta-yolg‘on	O‘rtadan yuqori-yolg‘on	Og‘ir-yolg‘on
Minimal-rost	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Yengil-rost	1	12	1	0	0	0	0	0	0	0
O‘rta-rost	0	1	13	1	0	0	0	0	0	0
O‘rtadan yuqori-rost	0	1	1	22	1	0	0	0	0	0
Og‘ir-rost	0	0	1	1	19	0	0	0	0	0
Minimal-yolg‘on	0	0	0	0	0	14	1	1	0	0
Yengil-yolg‘on	0	0	0	0	0	1	20	1	0	0
O‘rta- yolg‘on	0	0	0	0	0	0	1	21	1	0
O‘rtadan yuqori- yolg‘on	0	0	0	0	0	0	0	1	23	2
Og‘ir- yolg‘on	0	0	0	0	0	0	0	1	1	18

XULOSA

“O‘quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish algoritmlari” mavzusida olib borilgan dissertatsiya tadqiqotining asosiy natijalari quyidagilardan iborat:

1. O‘quvchilarni bilim darajasini sinflashtirish va bashorat qilish masalalarini yechishni analitik tahlil qilindi, tuzilmasi ishlab chiqildi, o‘quv ma’lumotlar to‘plami shakllantirildi. O‘quv ma’lumotlar to‘plamidan foydalanib o‘quvchilarni bilim darajasini bashoratlash va sinflashtirish jaryonlarni modellashtirishning dolzarb muammoligi, o‘zini hal qilinishi uchun mashinali o‘qitish algoritmlaridan maxsus usullar va matematik usullarni talab qilishi ko‘rsatib berildi.

2. O‘quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish mashinali o‘qitish asosida yechish algoritmlari ishlab chiqildi. Bu o‘quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlashni ko‘p mezonli optimallashtirish masalasini yechish imkonini berdi.

3. Mashinali o‘qitish algoritmlari asosida o‘quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish algoritmi takomillashtirildi. Bu o‘quvchilarni bilim darajasini sinflashtirish va bashoratlash masalasini yechish dasturiy majmuani yaratishda foydalanildi.

4. O‘quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda

boshqarishda LightGBM mashinali o'qitish algoritmi, XGBoost mashinali o'qitish algoritmi va DKT hamda transformer modellari ketma-ketligidan iborat gibrid model takomillashtirildi. O'quvchilarni bilim darajasini hamda psixologik holatini sinflashtirish va bashorat qilishni sun'iy neyron to'rlari hamda mashinali o'qitish modellari qurildi.

5. Gibrid model asosida dasturiy majmua ishlab chiqildi va hisoblash tajribalari o'tkazildi. Bu ma'lumotlarni intellektual tahlil qilishda sinflashtirishning gibrid intellektual algoritmlarini ishlab chiqish imkonini berdi.

6. O'quvchilarni psixologik holati va bilim darajasini bashoratlash hamda boshqarish jarayonlarini sinflashtirish masalalarini yechishning o'quv ma'lumotlar to'plamlari shakllantirildi va hisoblash tajribalari o'tkazildi. Hisoblash eksperimentlari taklif etilgan usulning afzalligini ko'rsatdi.

7. Dasturiy majmua mavjud va ishlab chiqilgan o'quv ma'lumotlar to'plamlarida to'liq sinovdan o'tkazildi. Olingan natijalar to'liq keltirildi va tahlil qilindi. Tahlil natijalari dasturiy majmuani amaliy masalalarni yechishda qo'llash mumkinligini ko'rsatdi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/26.05.2022.Т.10.05 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

**ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

САМАНДАРОВ ЭРКАБОЙ КАРИМБОЕВИЧ

**АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ
ПСИХОЛОГИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ А ТАКЖЕ УРОВНЕМ ЗНАНИЙ
ШКОЛЬНИКОВ**

05.01.11 – Цифровые технологии и искусственный интеллект

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2026

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан за номером B2025.3.PhD/T5809.

Диссертация выполнена в Институте фундаментальных и прикладных исследований при Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.tiiame.uz) и в Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Мухамедиева Дилноз Тулкиновна**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Рахимов Нодир Одирович**
доктор технических наук, доцент

Нуримов Парахат Баймуратович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова**

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2026 года в _____ часов на заседании Научного совета DSc.03/26.05.2022.T.10.05 при Национальном исследовательском университете «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кари Ниязи, 39. Тел: (99871) 237-19-36; факс: (99871) 237-54-79; e-mail: admin@tiiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре при Национальном исследовательском университете «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (зарегистрировано № _____). (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кари Ниязи, 39. Тел.: (99871) 237-19-45).

Автореферат диссертации разослан «_____» _____ 2026 года.

(реестр протокола рассылки № _____ от «_____» _____ 2026 года)

Н.С. Маматов
Заместитель председателя Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Д.К. Бекмуратов
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор философии по
техническим наукам (PhD)

С.С. Раджабов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., старший научный сотрудник

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире Организация онлайн-обучения на основе электронных ресурсов является наиболее быстрорастущей областью мирового рынка образования, и этому направлению уделяется большое внимание. В частности, в последние годы наблюдается рост использования технологий искусственного интеллекта и методов интеллектуального анализа данных в образовании. Согласно отчету компаний PrecedenceResearch, Grand View Research и Mordor Intelligence, занимающихся исследованиями рынка и консалтингом, мировой рынок искусственного интеллекта в образовании достиг 7,57 млрд долларов США в 2025 году. К 2035 году прогнозируется, что объем средств, потраченных на использование технологий искусственного интеллекта в секторе образования, достигнет 136,79 млрд долларов США. Ожидается, что использование искусственного интеллекта в секторе образования в мире будет расти на 36,02% ежегодно с 2026 по 2035 год. Широкое внедрение технологий искусственного интеллекта и увеличение государственных расходов на образование во всем мире повышают спрос на искусственный интеллект на рынке образования. В ведущих странах этой области, включая США, Канаду, Германию, Великобританию, Испанию, Италию, Австралию, Российскую Федерацию, Сингапур, Японию и Южную Корею, применение методов искусственного интеллекта и интеллектуального анализа данных в образовательном процессе приобретает все большее значение.

В мире проводятся исследования, направленные на организацию, управление, оценку, прогнозирование и мониторинг онлайн-образовательных процессов посредством эффективного использования технологий искусственного интеллекта и связанных с ними технических средств и программного обеспечения. В частности, при применении искусственного интеллекта в образовании важно создавать гибкие модели оценки эффективности крупномасштабных онлайн-образовательных систем, классифицировать электронные образовательные ресурсы, а также формировать набор информативных характеристик ресурсов и разрабатывать методы и алгоритмы для выявления этих характеристик.

В этой области наша республика уделяет особое внимание разработке и внедрению образовательных платформ с использованием технологий искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения. Стратегия «Цифровой Узбекистан – 2030» ставит, среди прочего, следующие задачи: «...внести постоянные изменения в основные учебные программы средних школ с целью повышения общего уровня использования цифровых технологий школьников, ...совершенствование методов преподавания информатики в средних школах путем поощрения участия организаций в сфере информационных технологий в образовательном процессе».² При реализации этих задач одним из важных вопросов в развитии технологий искусственного интеллекта является разработка образовательных платформ и систем на основе

² Указ Президента Республики Узбекистан от 5 октября 2020 г. № ПФ-6079 «Об утверждении Стратегии развития цифрового Узбекистана до 2030 года и мерах по ее эффективному осуществлению».

технологий искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения. В этой связи разработка методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных в образовании, а также их применение в системах оцифровки и анализа, является одной из важных задач современности.

Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановление № ПК-4996 от 17 февраля 2021 г. «О мерах по созданию условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта», Постановление № ПК-5234 от 26 августа 2021 г. «О мерах по введению особого режима применения технологий искусственного интеллекта», Постановление № ПК-2909 от 20 апреля 2017 г. «О мерах по дальнейшему развитию системы высшего образования», Постановление № ПФ-6108 от 6 ноября 2020 г. «Об образовании и воспитании в новый период развития Узбекистана». Данное диссертационное исследование в определенной степени будет способствовать выполнению задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан № 11 от 2022 г. «О мерах по дальнейшему повышению качества и эффективности дошкольного образования», образование», Указ Президента Республики Узбекистан № 152 «О дополнительных мерах по дальнейшему повышению качества и эффективности дошкольного образования» от 30 сентября 2024 года, Указ Президента Республики Узбекистан № 19 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы дошкольного образования и воспитания» от 5 февраля 2026 года, а также другие нормативно-правовые документы, касающиеся данной деятельности.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. В области применения и эффективного использования искусственного интеллекта во всех сферах образования плодотворные исследования проводили О.В.Яковлева, О.Грызценчук, С.В. Зайцева, Ю.М.Жунусов и другие. Ряд зарубежных ученых, таких как George Siemens, Dragan Gasevich, Ryan S. Baker, Neil T. Heffernan, Kenneth R. Koedinger, Carolyn Penstein Rose, C.Romeo проводили фундаментальные исследования по использованию искусственного интеллекта в интеллектуальных системах обучения, адаптивных образовательных платформах, анализе поведения школьников и создании индивидуальных методов обучения.

Ученые нашей республики Х.З.Игамбердиев, Д.Т.Мухамедиева, Н.С.Маматов, О.Ж.Бобомуродов, Ў.Р.Ҳамдамов, Н.О.Рахимов, Б.А.Ахмедов, С. С. Раджабов, Т.Ф.Бекмуратов, Ш.Н.Фозилов, А.Мирзаев, Х.Мадатов, М. Касимова и другие ученые провели исследования в области алгоритмов машинного обучения, методов интеллектуального анализа данных и применения методов интеллектуального анализа данных в образовании. Первые результаты исследований положительны, но необходимы долгосрочные исследования, которые позволят найти более широкое решение проблем в этой

области.

В настоящее время исследования по применению алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения в образовании находятся на ранней стадии. Качественные исследования в основном проводятся по обучению школьников работе с инструментами искусственного интеллекта, а именно с программами генеративного искусственного интеллекта. Результаты показывают, что преподаватели положительно относятся к использованию методов интеллектуального анализа данных в образовании для создания учебных материалов и оценки успеваемости школьников. Однако недостаточно углубленных исследований по интеллектуальному анализу больших объемов образовательных данных, интеллектуальным системам для преподавателей и моделям прогнозирования успеваемости школьников в освоении предметов. Для развития этой области необходимы интеграция с международным опытом и долгосрочные эксперименты.

Связь диссертационного исследования с научными планами вуза и научно-исследовательского учреждения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование проводилось в соответствии с планом исследований Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми в рамках научного проекта BV-V-F4-011 «Методы и алгоритмы решения неоднозначно-некорректных задач интеллектуального анализа данных в условиях неопределенности» (2017-2020).

Цель исследования включает в себя разработку алгоритмов, использующих алгоритмы машинного обучения для классификации и прогнозирования уровня знаний школьников, а также для прогнозирования уровня депрессии в их психологическом состоянии.

Задачи исследования:

аналитический анализ алгоритмов прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников;

разработка алгоритма комплексного определения уровня знаний учащихся на основе показателей, характеризующих возрастную уровень когнитивного развития, темп усвоения учебного материала, способность к логическому мышлению, а также теоретические и практические знания по математике;

разработка интеллектуальной системы правил оценки степени соответствия учащихся определённому классу или группе на основе анализа их академической подготовки, способности к усвоению учебных дисциплин, уровня адаптации к образовательной среде и социально-психологических особенностей;

разработка алгоритма оценки психологического состояния учащихся и прогнозирования его дальнейших изменений на основе комплексного анализа психометрических параметров, включая внимание, память, мотивацию, эмоциональную устойчивость, стрессоустойчивость, коммуникативную активность и другие показатели;

разработка гибридной модели нейронной сети для прогнозирования изменений уровня знаний и управления образовательным процессом на основе

выявления взаимосвязей между психологическим состоянием учащихся и результатами их обучения с использованием возможностей адаптивных интеллектуальных систем;

сравнительный анализ результатов вычислительных экспериментов и исследований.

Объектом исследования является оценка уровня знаний школьников.

Предметом исследования являются модели и алгоритмы классификации уровня знаний школьников.

Методы исследования. Теоретические исследования работы основаны на интеллектуальном анализе данных, искусственном интеллекте, алгоритмах машинного обучения, нейронных сетях.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан алгоритм определения уровня знаний школьников по математике с учетом их возрастных характеристик;

разработано правило определения уровня пригодности школьников к занятиям на основе их уровня знаний, способностей и адаптивных показателей;

разработан алгоритм прогнозирования психологического состояния школьников с учетом их психометрических показателей;

разработана гибридная нейронная сетевая модель для прогнозирования психологического состояния и контроля уровня знаний с учетом психологического состояния и уровня знаний школьников.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Разработаны интеллектуальные модели и алгоритмы прогнозирования уровня знаний и депрессии в психологическом состоянии школьников, их разделения на классы;

На основе интеллектуальных моделей и алгоритмов разработана программа прогнозирования и предоставления учебных материалов, соответствующих уровню знаний школьников.

Достоверность результатов исследования подтверждается правильным применением математического аппарата при разработке моделей и алгоритмов прогнозирования уровня знаний и депрессии в психологическом состоянии школьников, их разделения на классы, а также положительными результатами экспериментальных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования основана на усовершенствовании модели классификации на основе алгоритма машинного обучения LightGBM, гибридной модели, состоящей из последовательности моделей машинного обучения DKT и transformer, а также алгоритма машинного обучения XGBoost.

Практическая значимость результатов исследования объясняется оценкой уровня знаний школьников с использованием моделей и алгоритмов классификации, основанных на гибридном интеллектуальном подходе, и повышением уровня освоения математики школьников.

Внедрение результатов исследований. Программный комплекс, разработанный с использованием существующих и предложенных моделей и алгоритмов, связанных с прогнозированием и управлением психологическим

состоянием и уровнем знаний школьников:

Разработанный программный пакет, основанный на алгоритмах прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников, был внедрен в средней школе № 16 Хазораспского района Хорезмской области (Справка Хорезмского областного хокимията от 30 октября 2025 года № 23-23-09/11069). В результате в тестово-экспериментальном режиме образовательной платформы, созданной на основе методов интеллектуального анализа данных в образовании, был разработан программный инструмент для образовательной платформы на основе машинного обучения с уменьшенным человеческим фактором. Этот программный инструмент смог прогнозировать уровень знаний школьников по математике и уровень депрессии в их психологическом состоянии. Разработанный алгоритм позволил школьникам повысить свой уровень знаний в среднем на 10-13%.

Разработанный программный пакет, основанный на алгоритмах прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников, был внедрен в средней школе № 31 Хазораспского района Хорезмской области (Справка Хорезмского областного хокимията от 30 октября 2025 года № 23-23-09/11069). В результате в тестово-экспериментальном режиме образовательной платформы, созданной на основе методов интеллектуального анализа данных в образовании, был разработан программный инструмент для образовательной платформы на основе машинного обучения с уменьшенным человеческим фактором. Этот программный инструмент смог прогнозировать уровень знаний школьников по математике и уровень депрессии в их психологическом состоянии. Разработанный алгоритм позволил школьникам повысить свой уровень знаний в среднем на 9-12%.

Разработанный программный пакет, основанный на алгоритмах прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников, был внедрен в средней школе № 33 Хазораспского района Хорезмской области (Справка Хорезмского областного хокимията от 30 октября 2025 года № 23-23-09/11069). В результате в тестово-экспериментальном режиме образовательной платформы, созданной на основе методов интеллектуального анализа данных в образовании, был разработан программный инструмент для образовательной платформы на основе машинного обучения с уменьшенным человеческим фактором. Этот программный инструмент смог прогнозировать уровень знаний школьников по математике и уровень депрессии в их психологическом состоянии. Разработанный алгоритм позволил школьникам повысить свой уровень знаний в среднем на 10-15%.

Разработанный программный пакет, основанный на алгоритмах прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников, был внедрен в негосударственное учебное заведение «UPPERMOST» в Хазораспском районе Хорезмской области (Справка Хорезмского областного хокимията от 30 октября 2025 года № 23-23-09/11069). В результате в тестово-экспериментальном режиме образовательной

платформы, созданной на основе методов интеллектуального анализа данных в образовании, был разработан программный инструмент для образовательной платформы на основе машинного обучения с уменьшенным человеческим фактором. Этот программный инструмент смог прогнозировать уровень знаний школьников по математике и уровень депрессии в их психологическом состоянии. Разработанный алгоритм позволил школьникам повысить свой уровень знаний в среднем на 11-13%;

Разработанный программный пакет, основанный на алгоритмах прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников, был внедрен в средней школе № 33 Богатского района Хорезмской области (Справка Хорезмского областного хокимията от 30 октября 2025 года № 23-23-09/11069). В результате в тестово-экспериментальном режиме образовательной платформы, созданной на основе методов интеллектуального анализа данных в образовании, был разработан программный инструмент для образовательной платформы на основе машинного обучения с уменьшенным человеческим фактором. Этот программный инструмент смог прогнозировать уровень знаний школьников по математике и уровень депрессии в их психологическом состоянии. Разработанный алгоритм позволил школьникам повысить свой уровень знаний в среднем на 11-13%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были представлены и обсуждены на 5 международных и 4 национальных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. В общей сложности по тематике диссертации опубликовано 31 научных работы, в том числе 11 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 4 в отечественных и 5 в зарубежных журналах, а также получено сертификаты на 3 программных продукта, созданных для компьютеров.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 119 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении устанавливается актуальность и необходимость темы диссертации, указывается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники Республики. Определяются цели и задачи исследования, устанавливается объект и предмет исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, указывается их теоретическая и практическая значимость, предоставляется информация о применении результатов исследования на практике, опубликованных работах и структуре диссертации.

Первая глава диссертации под названием **«Современный аналитический анализ оценки и прогнозирования уровня знаний школьников»** посвящена современному анализу оценки и прогнозирования уровня знаний школьников, в которой изложены вопросы и современные

методы интеллектуального анализа данных, а также аналитический анализ оценки и прогнозирования уровня знаний школьников. Также в этой главе освещается применение методов интеллектуального анализа данных при оценке уровня знаний школьников, а также постановка задачи для алгоритмов прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников.

В параграфе 1.1 анализируются вопросы и современные методы интеллектуального анализа данных, в котором подробно описываются алгоритмы машинного обучения, в частности, методы интеллектуального анализа данных.

В параграфе 1.2 проведен аналитический анализ оценки и прогнозирования уровня знаний школьников, в котором проанализированы научные работы исследователей, проводивших исследования с использованием методов интеллектуального анализа данных в образовании.

В параграфе 1.3 описывается практическое применение методов интеллектуального анализа данных при оценке уровня знаний школьников. Также в данном параграфе освещены программные комплексы, созданные на основе методов интеллектуального анализа данных.

В параграфе 1.4 математически описаны алгоритмы оценки и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников. Также в данном параграфе рассматриваемая в диссертации задача разделена на три части и освещены математические модели каждой из них.

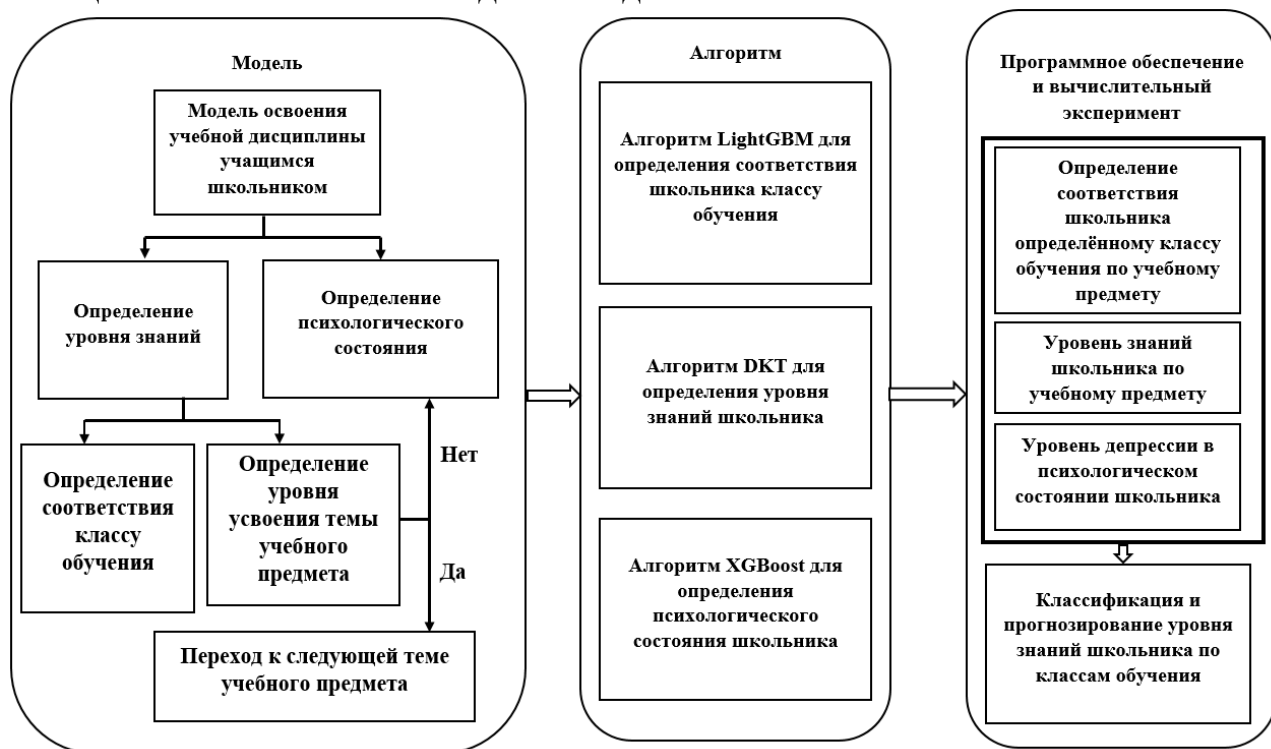


Рис. 1. Структура проведенного исследования.

Вторая глава диссертации, озаглавленная «**Интеллектуальная оценка знаний школьников с помощью тестов**», состоит из 3 параграфов, и эта глава посвящена интеллектуальной оценке знаний школьников с помощью тестов, в которой описывается определение критериев, необходимых для интеллектуальной оценки уровня знаний школьников, а также разработка

алгоритма определения уровня знаний школьников по математике с учетом их возрастных особенностей. Также освещена разработка правила определения уровня соответствия учащегося классу на основе уровня знаний, способностей и адаптивных показателей школьников.

В параграфе 2.1 описывается и анализируется обучающий набор данных, используемый в гибридной модели, состоящей из алгоритма машинного обучения LightGBM, последовательности моделей DKT и трансформера, для определения критериев интеллектуальной оценки уровня знаний школьников, то есть для классификации и прогнозирования уровня знаний школьников.

В параграфе 2.2 описывается разработка алгоритма определения уровня знаний школьников по математике с учетом их возрастных особенностей.

Задача создания гибридной модели решается в несколько этапов. На первом этапе загружаются данные из обучающего набора данных для гибридной модели, который состоит из последовательности моделей DKT и трансформера, и проводится подготовка к следующему этапу. Столбцы в обучающем наборе данных определяются следующим образом:

$$\tilde{s}_i, \tilde{k}_i, \tilde{q}_i, \tilde{o}_i, \tilde{t}_i, \quad (1)$$

где $\tilde{i} = 1, 2, \dots, n$, \tilde{s}_i – student_id, \tilde{k}_i – skill_id, \tilde{q}_i – question_id, \tilde{o}_i – correct (0 yoki 1), \tilde{t}_i – ms_first_response, n – количество строк в обучающем наборе данных.

Последовательность, упорядоченная по времени для каждого школьника, может быть создана по следующей формуле:

$$\tilde{S}_m = \left[\left(\tilde{k}_1, \tilde{q}_1, \tilde{o}_1, \tilde{t}_1 \right), \left(\tilde{k}_2, \tilde{q}_2, \tilde{o}_2, \tilde{t}_2 \right), \dots, \left(\tilde{k}_{\tilde{T}}, \tilde{q}_{\tilde{T}}, \tilde{o}_{\tilde{T}}, \tilde{t}_{\tilde{T}} \right) \right]. \quad (2)$$

В приведенной выше формуле \tilde{m} – обозначает порядковый номер школьника, \tilde{T} общее количество вопросов, заданных \tilde{m} – школьнику.

В модели DKT ответ каждого обучающегося на тот или иной вопрос в момент времени t то есть правильный или неправильный, представляется с помощью one-hot вектора. Если обучающемуся предъявлено \tilde{R} вопросов, то для каждого временного шага формируется one-hot-вектор размерности $2\tilde{R}$, при этом первые \tilde{R} элементов используются для случая, когда на \tilde{i} – й вопрос обучающийся дал правильный ответ, а вторые \tilde{R} элементов для случая, когда на \tilde{i} – й вопрос обучающийся дал неправильный ответ.

Скрытый слой архитектуры содержит сеть LSTM. В модели DKT отображает правильный или неправильный ответ каждого школьника на вопрос в момент времени t с помощью one-hot вектора. Если школьнику задается вопрос K , для каждого шага времени создается one-hot вектор размером $2K$, где первый элемент K используется в случае, когда школьник правильно ответил на вопрос t , а второй элемент в случае, когда школьник неправильно ответил на \tilde{i} – вопрос. В результате создается one-hot вектор, и на каждом шаге генерируется объединение последовательности вопросов и ответов, данных школьником, с помощью $(q'_1, r'_1), (q'_2, r'_2), \dots, (q'_R, r'_R)$, соответственно, \tilde{x}_i , и они последовательно передаются в качестве входных значений алгоритму LSTM:

$$h_i = L(\tilde{x}_i, h_{i-1}), \quad (3)$$

где L – LSTM.

Текущее состояние знаний школьника, то есть текущее состояние знаний:

$$h_0 = 0, h_1 = L(\tilde{x}_1, h_0), h_2 = L(\tilde{x}_2, h_1), \dots, h_t = L(\tilde{x}_t, h_{t-1}), \quad (4)$$

рассчитывается по приведенной выше формуле
где L – LSTM.

h_t предоставляет скрытое состояние сети LSTM и хранит зависящие от времени знания обучающегося в модели DKT. Выходом части LSTM является набор всех скрытых состояний в последовательности:

$$H' = [h_1, h_2, h_3, \dots, h_t], \quad (5)$$

Скрытые состояния h_t , полученные из слоя LSTM, подаются на вход кодировщика модели трансформера. Базовая формула в блоках самовнимания модели трансформера выглядит следующим образом:

$$A(Q, K, V) = \beta \left(\frac{QK^T}{\sqrt{d'_k}} \right) V. \quad (6)$$

Часть модели трансформера, отвечающая за многоголовочное внимание

$$M'(H') = C'(h'_1, \dots, h'_n) W^o, h_t = A(H' W_t^Q, H' W_t^K, H' W_t^V), \quad (7)$$

где A – внимание (Attention), β – функция активации softmax, M' – многоголовое внимание (MultiHead), C' – последовательная интеграция (Concat), h' – голова (head), W – весовая матрица, Q – запрос, K – ключ, V – значение.

Блок кодировщика модели transformer имеет нейронную сеть прямого распространения (двухслойный перцептрон) с нормализацией слоев (LayerNorm) и остаточными связями:

$$\tilde{H} = \tilde{L}(H' + M'(H')), H'' = \tilde{L}(\tilde{H} + F(\tilde{H})), \quad (8)$$

где \tilde{L} – LayerNorm, M' – MultiHead, $H' + MultiHead$ – остаточная связь позволяет интегрировать старые знания в вновь полученные выводы, не теряя при этом старой информации, $LayerNorm$ – слой нормализации приводит данные к единому стандарту, то есть к норме, благодаря чему нейронная сеть обучается быстрее, F – Feed-Forward сеть этот компонент более глубоко анализирует каждую полученную информацию (многослойный перцептрон, состоящий из двух слоёв).

$$Z = [z_1, z_2, z_3, \dots, z_{\bar{T}}], \quad (9)$$

где \bar{T} общее количество взаимодействий школьника с системой.

После получения единого общего вектора из последовательности он преобразуется в скалярное значение. В этом случае используются многослойный перцептрон и сигмоидная функция.

$$\hat{q} = \tau(W_p^T \phi(W_u u + b_u) + b_p), \quad (10)$$

где ϕ – в качестве функции активации в вышеуказанном случае использовалась функция активации GELU, $W_u u + b_u$ – первый слой (линейное преобразование), $W_p^T \phi(\cdot) + b_p$ – второй слой (обычно используется для скалярного выходного

сигнала), W_p^T – вектор (транспонированная матрица столбцов), в результате чего получается скаляр $s' : s' = W_p^T h' + b_p$, сигмоидная функция τ – принимает скалярное значение из интервала $(-\infty; +\infty)$ в интервал $(0; 1)$.

В результате, \hat{q} представляет собой вероятностное значение, определяющее степень освоения школьником предмета математики.

$$\hat{q} \geq \varphi, \quad (11)$$

Если значение φ у ученика больше или равно заданному значению, он/она освоил(а) тему; в противном случае, школьник не освоил тему.

Гибридный алгоритм, состоящий из последовательности моделей ДКТ и трансформера, представляет собой алгоритм определения уровня знаний школьников по математике с учетом их возрастных особенностей.

В параграфе 2.3 изложена разработка правила определения уровня соответствия учащегося классу на основе уровня знаний, способностей и адаптивных показателей школьников. Разработано правило для определения уровня соответствия знаний школьника по математике уровню класса, исходя из уровня знаний школьника по математике, его способностей и адаптивных показателей. Это правило представлено в виде следующего алгоритма.

Алгоритм машинного обучения LightGBM принимает результаты a тестовых вопросов, заданных каждому учащемуся, в двоичной форме в качестве входных данных при прогнозировании того, к какому классу по предметам подходят школьники. Последовательность вопросов:

$$Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_a. \quad (12)$$

В каждом вопросе в качестве ответа используется значение 1 или 0. Число 1 указывает на правильный ответ, данный школьниками на вопрос, а число 0 на неправильный ответ.

Функция общего назначения:

$$\tilde{L}(F) = \sum_{s=1}^S L'(v_s, F(X_s)) + \sum_{m=1}^M \Omega(f_m), \quad (13)$$

где $L'(\cdot)$ – функция потерь, S – количество выборок в обучающем наборе данных, v_s – s истинное значение объекта (истинный уровень знаний школьника), X_s – набор символов объекта s , $F(X_s)$ – прогнозируемое значение, выдаваемое алгоритмом на основе X_s символов, M – общее количество деревьев, добавленных в алгоритм, f_m – отдельное дерево решений, построенное на шаге m , $\Omega(f_m)$ – значение штрафа, задаваемое для сложности m – дерева.

Обученный алгоритм машинного обучения вычисляет вероятности каждого класса для заданных входных значений. Функция softmax используется для многоклассовой классификации:

$$p(v = k | X_s) = \frac{e^{(F_k(X_s))}}{\sum_{k=1}^K e^{F_k(X_s)}}, \quad (14)$$

где K – число классов ($K = 6$), $F_k(X_s)$ – предсказанное значение алгоритма машинного обучения для k -го класса. В качестве исходящих данных алгоритма LightGBM выбираются значения в столбце “Sinf” обучающего набора данных.

$$v \in \{6, 7, 8, 9, 10, 11\}. \quad (15)$$

Третья глава диссертации, озаглавленная **«Прогнозирование уровня депрессии в психологическом состоянии школьников на основе алгоритмов машинного обучения»**, посвящена прогнозированию уровня депрессии в психологическом состоянии школьников с использованием алгоритмов машинного обучения. В ней описывается определение необходимых критериев для прогнозирования психологического состояния школьников и разработка алгоритма прогнозирования их психологического состояния с учетом их психометрических показателей. Также представлена информация о прогнозировании уровня депрессии в психологическом состоянии школьников с использованием психологических методов.

В этом параграфе была разработана модель с использованием алгоритма машинного обучения XGBoost для прогнозирования уровня депрессии в психологическом состоянии школьников 6-11 классов. На данном этапе исследования подробно анализируются все столбцы обучающего набора данных, используемого для модели XGBoost, метода определения уровня депрессии в психологическом состоянии школьников. Опросник PHQ-A это адаптированная версия опросника PHQ-9 для детей и подростков. Ответы на вопросы, задаваемые учащемуся с помощью PHQ-A, следующие: никогда (0), несколько дней (1), большинство дней (2) и почти каждый день (3). На каждый из 9 вопросов дается ответ так же, как и на 4 предыдущих. Каждый ответ оценивается от 0 до 3 баллов. После того, как учащийся ответит на все 9 вопросов, баллы за каждый ответ суммируются. Общий балл делится на следующие категории: балл от 0 до 4 указывает на минимальную или отсутствующую депрессию у школьника, балл от 5 до 9 указывает на легкую депрессию, балл от 10 до 14 указывает на умеренную депрессию, балл от 15 до 19 указывает на умеренную или тяжелую депрессию, а балл от 20 до 27 указывает на тяжелую депрессию у школьника.

В параграфе 3.2 рассматривается математическая модель, представленная полями в наборе данных, используемом для обучения алгоритма машинного обучения XGBoost прогнозированию уровня депрессии в психологическом состоянии школьников. Входными данными для алгоритма машинного обучения XGBoost являются ответы школьника на вопросы психологического теста:

$$\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \mathcal{G}_3, \dots, \mathcal{G}_{18}. \quad (16)$$

Алгоритм машинного обучения XGBoost представлен в виде набора из M деревьев решений:

$$F(\mathcal{G}_r) = \sum_{m=1}^M f_m(\mathcal{G}_r), \quad (17)$$

где $F(\mathcal{G}_r)$ – итоговый прогноз для школьного учащегося, то есть вероятность уровня депрессии, $f_m(\mathcal{G}_r)$ – прогнозное значение m -го дерева для входного

значения \mathcal{G}_t , то есть предсказание, M – общее число деревьев, содержащихся в алгоритме машинного обучения.

Целевая функция это общая функция, представляющая собой значение, которое алгоритм машинного обучения должен минимизировать в процессе обучения, и её задача найти оптимальный набор деревьев. Функция потерь измеряет ошибку между предсказаниями алгоритма машинного обучения и фактическими значениями, и её задача оценить точность алгоритма машинного обучения. Функция регуляризации контролирует сложность алгоритма машинного обучения, и её задача предотвратить чрезмерную адаптацию к обучающему набору данных и сделать алгоритм машинного обучения более адаптивным к новым данным за счет его упрощения.

$$\tilde{L}(F(\mathcal{G}_t)) = \sum_{v=1}^{\varepsilon} L'((F(\mathcal{G}_t))_{v'}, (F(\mathcal{G}_t))_{v'}^{m-1} + f_m(\mathcal{G}_t)) + \Omega(f_m), \quad (18)$$

$$\Omega(F) = \lambda \hat{T} + \frac{1}{2} \lambda \sum_{\hat{c}=1}^{\hat{t}} w_{\hat{c}}^2, \quad (19)$$

где \tilde{L} – целевая функция, λ – коэффициент регулирования, \hat{T} – количество листьев, $w_{\hat{c}} - \hat{c}$ это вес листа.

Выходные данные, то есть целевой столбец представляют собой столбцы «PHQ9_label» и «Honesty» из набора данных, которые затем делятся на классы на основе ответов школьника на тестовые вопросы и времени реакции.

Выходные данные представляют собой два столбца. Первый это значение многоклассовой классификации в столбце “PHQ9_label”.

$$\chi \in \{1, 2, 3, \dots, E'\}, \quad (20)$$

$E' = 5$, что означает пять классов: оценка от 0 до 4 указывает на минимальную депрессию, от 5 до 9 - на легкую депрессию, от 10 до 14 - на умеренную депрессию, от 15 до 19 - на умеренную или тяжелую депрессию, а от 20 до 27 - на тяжелую депрессию.

Вторая колонка:

$$\chi' \in \{0; 1\}. \quad (21)$$

Выполняется бинарная классификация, то есть 1 правильно, 0 неправильно.

В параграфе 3.3 разработано правило прогнозирования депрессии в психологическом состоянии школьников с использованием алгоритма машинного обучения XGBoost. В алгоритм машинного обучения XGBoost в качестве входных данных подаются 18 значений. В результате алгоритм выводит два столбца из обучающего набора данных: первый «PHQ9_label», а второй «Honesty». Столбец «PHQ9_label» содержит пять значений: «Минимально», «Легко», «Средне», «Выше-средне», «Трудно», а второй столбец «Honesty» содержит два класса: «верно» и «неверно». Значения в двух выходных столбцах в сумме дают восемь выходных значений:

Минимально-верно: если школьник набрал 0-4 балла и ответил на вопросы за 2-5 минут, если его ответы на вопросы различаются, и если ответы на вопросы имеют одинаковую логическую последовательность; Легко-верно: если школьник набрал 5-9 баллов и ответил на вопросы за 2-5 минут, если

ответы на вопросы различаются, и если ответы на вопросы имеют одинаковую логическую последовательность; Средне-верно: если школьник набирает 10-14 баллов и отвечает на вопросы за 2-5 минут, если ответы на вопросы различаются, если ответы на вопросы даются в той же логической последовательности с точки зрения смысла; Выше-средне верно: если школьник набирает 15-19 баллов и отвечает на вопросы за 2-5 минут, если ответы на вопросы различаются, если ответы на вопросы даются в той же логической последовательности с точки зрения смысла; Трудно-верно: если школьник набирает от 20 до 27 баллов и отвечает на вопросы за 2-5 минут, если ответы на вопросы различаются, если ответы на вопросы даются в одной и той же логической последовательности с точки зрения смысла; Минимально-неверно: если школьник набирает от 0 до 4 баллов и отвечает на вопросы за 60 секунд, если ответы на вопросы одинаковы, если ответы на вопросы даются в одной и той же логической последовательности с точки зрения смысла; Легко-неверно: если школьник набирает от 5 до 9 баллов и отвечает на вопросы за 60 секунд, если ответы на вопросы одинаковы, если ответы на вопросы даются в одной и той же логической последовательности с точки зрения смысла; Средне-неверно: если школьник набирает от 10 до 14 баллов и отвечает на вопросы за 60 секунд, если ответы на вопросы одинаковы, но ответы на вопросы даются в разной логической последовательности с точки зрения смысла; Выше средне-неверно: если школьник набирает от 15 до 19 баллов и отвечает на вопросы за 60 секунд, если ответы на вопросы одинаковы, но логические последовательности ответов различаются по смыслу; Трудно-неверно: если школьник набирает от 20 до 27 баллов и отвечает на вопросы за 60 секунд, если ответы на вопросы одинаковы, но логические последовательности ответов различаются по смыслу. Был разработан алгоритм для прогнозирования психологического состояния школьников с учетом их психометрических показателей. Для определения психометрических показателей школьников использовался коэффициент альфа Кронбаха.

Четвертая глава диссертации, озаглавленная **«Разработка программного продукта для оценки и прогнозирования уровня знаний школьников»**, посвящена разработке программного продукта для оценки и прогнозирования уровня знаний школьников, в ней описывается разработка программной архитектуры и создание программных модулей. Также рассматриваются вычислительные эксперименты и сравнительный анализ.

В параграфе 4.1 подробно описана разработка архитектуры программного комплекса. Архитектура разработанного программного комплекса представлена на рисунке ниже, и все модули подробно описаны в исследовательской работе. В первом модуле используется алгоритм машинного обучения LightGBM для определения уровня знаний школьников по математике. Алгоритм LightGBM прогнозирует и определяет фактический уровень знаний каждого ученика по каждому предмету. Второй модуль использует модель ДКТ в последовательной гибридной форме с моделью трансформера для расчета вероятности ответа ученика на каждый последующий вопрос на основе результатов его ответов на предыдущие вопросы по предмету. Эта вероятность рассчитывается в

интервале (0;1). Если значение вероятности выше 0.7, школьник считается освоившим тему соответствующего предмета, в противном случае, считая, что школьник не освоил тему данного предмета, архитектура предоставляет школьнику дополнительные учебные материалы по данной теме и школьник может пересдать тестовые вопросы, прочитав и изучив предоставленные школьнику материалы.

На основе архитектуры, изображенной на рисунке 2, была разработана гибридная нейронная сетевая модель для прогнозирования психологического состояния школьников и управления их уровнем знаний с учетом как психологического состояния, так и уровня знаний.

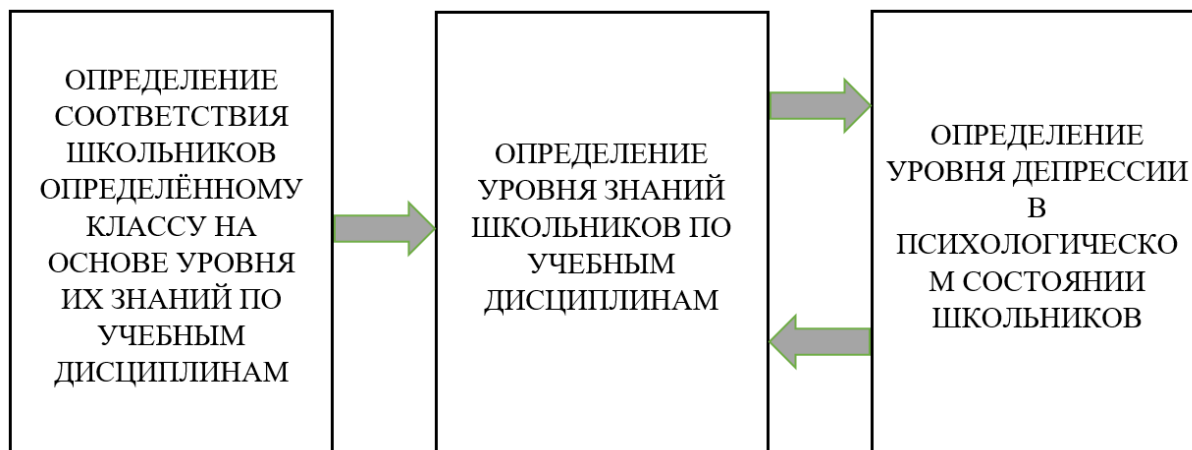


Рис. 2. Архитектура программного обеспечения.

В параграфе 4.2 создание модулей программного комплекса, то есть архитектура программного комплекса, изображенная на рисунке выше, анализируется отдельно для каждого модуля.

В параграфе 4.3 результаты эксперимента, проведенного с помощью программного комплекса, анализируются отдельно по каждому модулю.

Таблица 1.

Матрица путаницы для алгоритма машинного обучения LightGBM

Верно/Неверно	6-й класс	7-й класс	8-й класс	9-й класс	10-й класс	11-й класс
6-й класс	107	3	3	0	0	0
7-й класс	5	112	2	0	0	0
8-й класс	1	1	108	0	0	0
9-й класс	1	1	2	110	0	0
10-й класс	0	0	1	1	109	0
11-й класс	0	0	0	1	2	111

Алгоритм машинного обучения LightGBM предсказал уровень знаний по математике 681 школьника из 6 классов: «6-й класс», «7-й класс», «8-й класс», «9-й класс», «10-й класс» и «11-й класс». Число школьников, правильно предсказанных алгоритмом LightGBM, то есть число школьников, соответствующих своему классу по уровню знаний, составило 657. Число школьников, неправильно предсказанных алгоритмом машинного обучения, составило 24. Точность алгоритма машинного обучения составила 96.48%.

Таблица 2.

Матрица путаницы для гибридного алгоритма (DKT и трансформер)

Верно/Неверно	Удовлетворительно	Неудовлетворительный
Удовлетворительно	105938165	2953893
Неудовлетворительный	9819	58123

Были проанализированы результаты ответов 681 ученика 6-11 классов, участвовавших в эксперименте, на 108960000 вопросов. Гибридная модель, состоящая из последовательности моделей DKT и transformer, классифицировала результаты 108892058 вопросов как удовлетворительные. Фактически, 105938165 из 108892058 вопросов были удовлетворительными, а 2953893 неудовлетворительными. Гибридная модель предсказала 67942 вопроса как неудовлетворительные. Фактически, 58123 из 67942 вопросов были неудовлетворительными, а 9819 удовлетворительными. Точность составила 97.28%.

Таблица 3.

Матрица путаницы для алгоритма машинного обучения XGBoost

Верно/Неверно	Минимально верно	Легко верно	Средне верно	Выше средне верно	Трудно верно	Минимально неверно	Легко неверно	Средне неверно	Выше средне неверно	Трудно неверно
Минимально-верно	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Легко-верно	1	12	1	0	0	0	0	0	0	0
Средне-верно	0	1	13	1	0	0	0	0	0	0
Выше-средне верно	0	1	1	22	1	0	0	0	0	0
Трудно-верно	0	0	1	1	19	0	0	0	0	0
Минимально-неверно	0	0	0	0	0	14	1	1	0	0
Легко-неверно	0	0	0	0	0	1	20	1	0	0
Средне-неверно	0	0	0	0	0	0	1	21	1	0
Выше средне-неверно	0	0	0	0	0	0	0	1	23	2
Трудно-неверно	0	0	0	0	0	0	0	1	1	18

В течение экспериментального периода, охватывающего один квартал учебного года, 194 из 681 ученика прошли психологическое тестирование, то есть алгоритм машинного обучения XGBoost предсказал уровень депрессии у 194 учеников. Модель машинного обучения XGBoost предсказала уровень депрессии в психологическом состоянии 194 школьников, разделив их на 10 классов: «Минимально-верно», «Легко-верно», «Средне-верно», «Выше-средне-верно», «Трудно-верно», «Минимально-неверно», «Легко-неверно», «Средне-неверно», «Выше средне-неверно» и «Трудно-неверно». Алгоритм XGBoost правильно предсказал 172 класса, а неправильно 22 класса. Общая точность алгоритма составляет 88.66%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертационного исследования по теме «Алгоритмы прогнозирования и управления психологическим состоянием а также уровнем знаний школьников» заключаются в следующем:

1. Проведен аналитический анализ решения задачи классификации и прогнозирования уровня знаний школьников, разработана его структура и сформирован обучающий набор данных. Показано, что текущая задача моделирования процессов прогнозирования и классификации уровня знаний школьников с использованием обучающего набора данных требует для своего решения специальных методов и математических методов из алгоритмов машинного обучения.

2. Разработаны алгоритмы решения задач прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников на основе методов машинного обучения. Это позволило решить задачу многокритериальной оптимизации прогнозирования психологического состояния и уровня знаний школьников.

3. Усовершенствован алгоритм прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников на основе алгоритмов машинного обучения. Это использовано для создания программного пакета для решения задачи классификации и прогнозирования уровня знаний школьников.

4. Для прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников был усовершенствован гибридный подход, основанный на последовательности алгоритмов машинного обучения LightGBM, XGBoost, а также моделей DKT и Transformer. Для классификации и прогнозирования уровня знаний и психологического состояния школьников были разработаны модели на основе искусственных нейронных сетей и алгоритмов машинного обучения.

5. На основе гибридной модели был разработан программный пакет, и проведены вычислительные эксперименты. Это позволило разработать гибридные интеллектуальные алгоритмы для классификации при интеллектуальном анализе данных.

6. Сформированы обучающие наборы данных и проведены вычислительные эксперименты для решения задач прогнозирования и управления психологическим состоянием и уровнем знаний школьников. Вычислительные эксперименты показали преимущества предложенного метода.

7. Программный пакет был полностью протестирован на существующих и разработанных обучающих наборах данных. Полученные результаты были полностью представлены и проанализированы. Результаты анализа показали, что программный пакет может быть использован для решения практических задач.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/26.05.2022.T.10.05 AT THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY
«TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS»**

**INSTITUTE OF FUNDAMENTAL AND APPLIED RESEARCH UNDER
«TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS» NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

SAMANDAROV ERKABOY KARIMBOYEVICH

**ALGORITHMS FOR PREDICTING AND MANAGING THE
PSYCHOLOGICAL STATE AS WELL AS THE KNOWLEDGE LEVEL OF
SCHOOLCHILDREN**

05.01.11 – Digital technologies and artificial intelligence

**DISSERTATION ABSTRACT
OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2026

The theme of Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2025.3.PhD/T5809.

The dissertation has been prepared at Institute of Fundamental and applied research under «Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers» National Research University.

The abstract of dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web-page of Scientific Council (www.tiame.uz) and Information and Educational Portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:

Muxamediyeva Dilnoz Tulkunovna
Doctor of Technical Sciences, professor

Official opponents:

Rakhimov Nodir Odilovich
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Nurimov Parakhat Baymuratovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Leading organization:

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov

Defense of dissertation will take place in «_____» _____ 2026 at _____ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/26.05.2022.T.10.05 at the National research university «Tashkent institute of irrigation and agriculture mechanization engineers» (Address: 100000, Tashkent, str. Kari Niyazi 39, tel.: (99871) 237-19-36; fax: (99871) 237-54-79; e-mail: admin@tiame.uz).

The dissertation could be reviewed at the Information-resource center the National research university «Tashkent institute of irrigation and agriculture mechanization engineers» (registration number № _____). Address: 100000, Tashkent, str. Kari Niyazi 39, tel: (99871) 237-19-45).

Abstract of dissertation sent out on «_____» _____ 2026 year.

(mailing report № _____, on «_____» _____ 2026 year).

N.S. Mamatov

Deputy Chairman of the Scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, professor

D.K. Bekmuratov

Scientific secretary of the Scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

S.S. Radjabov

Chairman of the scientific seminar at the
Scientific council on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, senior researcher

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to involve developing algorithms that use machine learning algorithms to classify and predict the knowledge level of schoolchildren and predict the level of depression in their psychological state..

The object of the research work is to assess the level of knowledge of schoolchildren..

The scientific novelty of the research work is as follows:

an algorithm for determining the level of schoolchildren knowledge in mathematics has been developed, taking into account their age characteristics;

based on the level of knowledge, abilities, and adaptive indicators of schoolchildren, a rule has been developed to determine the level of pupil compatibility with the class;

an algorithm for predicting the psychological state of schoolchildren has been developed, taking into account their psychometric indicators;

a hybrid neural network model has been developed to predict the psychological state and manage the level of knowledge of schoolchildren, taking into account their psychological state and knowledge level..

Scientific and practical significance of the research results.

The scientific significance of the research results is based on the improvement of the classification model based on the LightGBM machine learning algorithm, a hybrid model consisting of a sequence of DKT and transformer models, and the XGBoost machine learning algorithm.

The practical significance of the research results is explained by the assessment of the level of knowledge of schoolchildren using classification models and algorithms based on a hybrid intellectual approach, and the improvement of schoolchildren mastery of mathematics.

Implementation of the research results.

Software package developed using existing and proposed models and algorithms related to predicting and managing the psychological state and level of knowledge of schoolchildren:

The software package developed based on algorithms for predicting and managing the psychological state and knowledge level of schoolchildren was introduced to secondary school No. 16 in the Hazorasp district of the Khorezm region (Information Certificate No. 23-23-09/11069 of the Khorezm Regional Hokimiyat, dated 30 October 2025). As a result, a software tool for an educational platform based on machine learning with a reduced human factor was developed in the test-and-experiment mode of the educational platform created on the basis of methods of intellectual data analysis in education. This software tool was able to predict the level of knowledge of schoolchildren in mathematics and predict the level of depression in their psychological state. This developed algorithm allowed schoolchildren to increase their knowledge level by an average of 10-13%;

The software package developed based on algorithms for predicting and managing the psychological state and level of knowledge of schoolchildren was introduced to secondary school No. 31 in the Hazorasp district of the Khorezm region

(Information Certificate No. 23-23-09/11069 of the Khorezm Regional Hokimiyat, dated 30 October 2025). As a result, a software tool for an educational platform based on machine learning with a reduced human factor was developed in the test-and-experiment mode of the educational platform created on the basis of methods of intellectual analysis of data in education. This software tool was able to predict the level of knowledge of schoolchildren in mathematics and predict the level of depression in their psychological state. This developed algorithm allowed schoolchildren to increase their level of knowledge by an average of 9-12%;

The software package developed based on algorithms for predicting and managing the psychological state and knowledge level of schoolchildren was introduced to secondary school No. 33 in the Hazorasp district of the Khorezm region (Information Certificate No. 23-23-09/11069 of the Khorezm Regional Hokimiyat, dated 30 October 2025). As a result, a software tool for an educational platform based on machine learning with a reduced human factor was developed in the test-and-experiment mode of the educational platform created on the basis of methods of intellectual data analysis in education. This software tool was able to predict the level of knowledge of schoolchildren in mathematics and predict the level of depression in their psychological state. This developed algorithm allowed schoolchildren to increase their knowledge level by an average of 10-15%;

The software package developed based on algorithms for predicting and managing the psychological state and level of knowledge of schoolchildren was introduced into the "UPPERMOST" non-state educational institution in the Hazorasp district of the Khorezm region (Information Certificate No. 23-23-09/11069 of the Khorezm Regional Hokimiyat, dated 30 October 2025). As a result, a software tool for an educational platform based on machine learning with a reduced human factor was developed in the test-and-experiment mode of the educational platform created on the basis of methods of intellectual analysis of data in education. This software tool was able to predict the level of knowledge of schoolchildren in mathematics and predict the level of depression in their psychological state. This developed algorithm allowed schoolchildren to increase their level of knowledge by an average of 11-13%;

The software package developed based on algorithms for predicting and managing the psychological state and level of knowledge of schoolchildren was introduced to secondary school No. 33 in Bogat district of Khorezm region (Information Certificate No. 23-23-09/11069 of the Khorezm Regional Hokimiyat, dated 30 October 2025). As a result, a software tool for an educational platform based on machine learning with a reduced human factor was developed in the test-and-experiment mode of the educational platform created on the basis of methods of intellectual data analysis in education. This software tool was able to predict the level of knowledge of schoolchildren in mathematics and predict the level of depression in their psychological state. This developed algorithm allowed schoolchildren to increase their level of knowledge by an average of 11-13%;

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of used literature and appendix. The volume of the dissertation is 119 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (Часть I; Part I)

1. Samandarov E., The architecture of educational platform based on machine learning // Journal of Mathematics, Mechanics & Computer Science, 2024. – Volume 124. №. 4. –Pp. 86-102. DOI:10.26577/JMMCS2024-v124-i4-a7. (№1, WOS)
2. Samandarov E., et al. Comprehensive review of educational platform for assessing and classifying schoolchildren' knowledge levels utilizing machine learning //Fourth International Conference on Digital Technologies, Optics, and Materials Science (DTIEE2025). –SPIE, 2025. –Volume 13662. –Pp. 232-242. DOI:10.1117/12.3073010. (№3, Scopus)
3. Samandarov E., Abduraimov D. Classification the level of knowledge of students at school using the Naive Bayes machine learning algorithm // AIP Conference Proceedings. –AIP Publishing LLC, 2025. –Volume 3356. –Issue 1. –C. 030001. –Pp. 1–9. DOI:10.1063/5.0296415. (№3, Scopus)
4. Samandarov E., Classification of the psychological condition of students using XGBoost machine learning model //AIP Conference Proceedings. –AIP Publishing LLC, 2025. –Volume 3377. –Issue 1. –C. 040004. –Pp. 1–6. DOI:10.1063/5.0299675. (№3, Scopus)
5. Muhamedieva D., Samandarov E. Overview of the Educational Platform for Predicting and Classifying of Pupils' Knowledge Based on Artificial Intelligence // ICISCT 2023 International conference on information science and communications technologies-applications, trends and opportunities, 2023. –Pp. 15-19. (05.00.00, OAK Rayosatining 2023-yil 29-avgustdagi 342/3-son Qarori)
6. Samandarov E.K., Sodda Bayes algoritmi yordamida klassifikatsiya masalasini yechish // Informatika va energetika muammolari O'zbekiston jurnali, 1/2023, Toshkent 2023. –B. 37-44. (05.00.00, №5)
7. Samandarov E., Educational platform based on artificial intelligence // Actual problems of modern science, education and training, –Volume 8. –Issue 1. 2024. –Pp. 73–80. <https://khorezmscience.uz/list-of-issues/>, (05.00.00, №26)
8. Samandarov E., Mashinani o'qitish algoritmi orqali maktab o'quvchilarining psixologik holatini ikkita sinfga ajratish: stress mavjud va stress mavjud emas // Raqamli Transformatsiya va Sun'iy Intellekt ilmiy jurnali, 2025. – Volume 3. – Issue 2. –B. 186-191. (05.00.00, OAK Rayosatining 2023-yil 4-iyuldagi 340/5-son Qarori)
9. Samandarov E., Ta'lim ma'lumotlarini intellektual tahlil qilish uchun mashinani o'rgatish algoritmlarining qo'llanilishi // Raqamli Transformatsiya va Sun'iy Intellekt ilmiy jurnali, 2025. – Volume 3. – Issue 4. –B. 7-14. <https://www.scribd.com/document/925317094/N-X-7-14-V3I4-2>, (05.00.00, OAK Rayosatining 2023-yil 4-iyuldagi 340/5-son Qarori)

II bo'lim (Часть II; Part II)

10. Samandarov E.K., Abdurakhmonov O.N., Single layer artificial neural network: Perceptron. // European multidisciplinary journal of modern scienc – Volume 5 (2022), April 2022, –Pp 230-238.
11. Samandarov E., Binar classification of schoolchildren' psychological condition using XGBoost // Journal of science. Lyon № 67, 2025. –Pp. 30–33.
12. Самандаров Е.К., Алгоритмы машинного обучения в образовании // O‘zbekiston agrar fani xabarnomasi № 1 (13), Toshkent 2024. –В. 67-71. (05.00.00, №18)
13. Мухаммадиева Д.Т., Самандаров. Э.К. Мактаб ўқувчиларининг билимини баҳолашда сунъий нейрон тўридан фойдаланиш // Irrigatsiya va meloratsiya. Maxsus son. 2022. –В. 305-308. (05.00.00, №22)
14. Samandarov E. K., Issues and modern methods of intellectual data analysis in education. // Big data and advanced analytics, 2025. –Pp. 11–13.
15. Samandarov E., Applying the deep knowledge tracking model in the education process // II international scientific conference. Seoul. South Korea, 2025. –Pp. 128-130.
16. Samandarov E.K., O‘quvchilar bilimini baholashda logistik regressiya mashina o‘qitish algoritmidan foydalanish // “Hisoblash modellari va texnologiyalari” (CMT2024) professor M.I. Isroilov tavalludining 90 yilligiga bag‘ishlangan uchinchi xalqaro seminar, 2024. –В. 209-210.
17. Rustamov N.T., Samandarov E.K. Mashina o‘rganish algoritmlarini ta’limda qo‘llanilishi // “Matematik modellashtirish va axborot texnologiyalarining dolzarb masalalari” halqaro ilmiy-amaliy anjuman, 2023. –В. 81-82.
18. Samandarov E. K. Support vector machine algorithm and its use cases in the real-world applications. // I-Международная научная конференция, 2022. –Ст. 123–125.
19. Samandarov E.K., The architecture of educational platform based on artificial intelligence // Fizika, Matematika va Mexanikaning dolzarb muammolari xalqaro ilmiy-amaliy anjumani, 2023. –В. 57-59.
20. Samandarov E.K. Predicting and classifying of pupils' knowledge using machine learning algorithms // Амалий математика ва ахборот технологияларининг замонавий муаммолари, 2022. –Б. 450-451.
21. Samandarov E.K., Attribute selection measures in decision tree algorithm // “The role and importance of digital life and social sciences in the upbringing of a harmoniously developed generation: current problems and prospects” international scientific and practical conference, 2022. –Pp. 57-61.
22. Mukhamedieva D T., Samandarov E. K. The role of artificial intelligence in education // “O‘ZBEKISTONDA ILM-FANNING RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI” mavzusidagi ko‘p tarmoqli, xalqaro ilmiy-amaliy anjumani, 2022. –В. 39-45 DOI:10.5281/zenodo.7325327.
23. Samandarov E. K., Maktab o‘quvchilari uchun sun‘iy intellektga asoslangan ta’lim platformasini yaratish // Yosh olimlar, doktorantlar va tadqiqotchilarning onlayn ilmiy forumi, 2023. –В. 9-10.
24. Samandarov E. K., Definition and types of datasets // Mathematics, mechanics and intellectual technologies, 2022. –Pp. 50-51.

25. Samandarov E., Data science ma'lumotlar muhandisligi // Zamonaviy taraqqiyotda ilm-fan va madaniyatning o'rni, 2022. –B. 31-33.
26. Samandarov E., Overview of Educational Data Mining // Algebra va analizning dolzarb masalalari, 2022. –B.198-200.
27. Samandarov E. K., Mobil ilovalarni o'quv jarayonida qo'llash afzalliklari // “Zamonaviy informatikaning dolzarb muammolari: o'tmish tajribasi, istiqbollari” respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjuman, 2023. –B. 520-522.
28. Samandarov E., Ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish masalalari va zamonaviy usullari // Sun'iy intellect va raqamli iqtisodiyot (SIRI-2025) mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi, 2025. –B. 150-152.
29. Muxamediyeva D.T., Samandarov E.K. Deep Knowledge Tracing (DKT) mashinali o'qitish algoritmi yordamida maktab o'quvchilarini bilim darajasini bashorat qilish dasturi / O'zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reyestrda 04.11.2025 y. ro'yxatdan o'tgazildi. № DGU 55980.
30. Muxamediyeva D.T., Samandarov E.K. XGBoost mashinali o'qitish algoritmi yordamida maktab o'quvchilarining psixologik holatini bashorat qilish dasturi / O'zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reyestrda 04.11.2025 y. ro'yxatdan o'tgazildi. № DGU 55981.
31. Muxamediyeva D.T., Samandarov E.K. LightGBM mashinali o'qitish algoritmi yordamida maktab o'quvchilarini bilim darajasini qaysi sinfga mosligini bashorat qilish dasturi / O'zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reyestrda 30.10.2025 y. ro'yxatdan o'tgazildi. № DGU 55798.

Avtoreferat “**Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti**” Milliy tadqiqot universitetining «Irrigatsiya va meloratsiya» ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi hamda o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.