

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/29.12.2023.T.02.12 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

ESHTEMIROV BUNYOD SHERALI O'G'LI

**AVTOMOBIL TIRBANDLIKLARINI ANIQLASH QARORLARINI
QABUL QILISHGA KO'MAKLASHISH ALGORITMLARI**

05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PHD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Samarqand – 2025

**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**

Eshtemirov Bunyod Sherali o‘g‘li

Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish
algoritmлари 5

Эштемиров Бунёд Шерали ўғли

Алгоритмы поддержки принятия решений по выявлению автомобильной
пробки..... 22

Eshtemirov Bunyod Sherali o‘g‘li

Decision support algorithms for traffic jam detection..... 40

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works 42

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/29.12.2023.T.02.12 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

ESHTEMIROV BUNYOD SHERALI O'G'LI

**AVTOMOBIL TIRBANDLIKLARINI ANIQLASH QARORLARINI
QABUL QILISHGA KO'MAKLASHISH ALGORITMLARI**

05.01.02– Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PHD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Samarqand – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.4.PhD/T5066 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbar:

Axatov Akmal Rustamovich

texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponenlar:

Yetakchi tashkilot:

Dissertatsiya himoyasi Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/29.12.2023.T.02.12 raqamli ilmiy kengashning 2025-yil «_____» _____ soat _____ dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 140104, Samarqand sh., Universitet xiyoboni, 15., Tel.: (99866) 239-11-40; Faks: (99866) 239-11-40; E-mail: devonxona@samdu.uz).

Dissertatsiya bilan Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (_____-raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 140104, Samarqand sh., Universitet xiyoboni, 15., Tel.: (99866) 239-11-40; Faks: (99866) 239-11-40.

Dissertatsiya avtoreferati 2025- yil «_____» _____ kuni tarqatildi.

(2025- yil «_____» _____ dagi _____ - raqamli reestr bayonnomasi).

U.R.Xamdamov

Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash raisi,
texnika fanlari doktori, professor

F.M.Nazarov

Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash ilmiy kotibi,
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

X.A.Primova

Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi,
texnika fanlari doktori

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda avtomobil oqimlari ma'lumotlarini intellektual tahlil qilish va boshqarish bo'yicha keng qamrovli tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Butun dunyo bo'ylab avtomobil tirbandliklarini tahlil qilish bo'yicha "INRIX" kompaniyasining statist ma'lumotlariga ko'ra Moskva, Istanbul, Mexiko, London kabi dunyoning katta shaharlarida o'rtacha bir yilda haydovchilar 150-275 soat vaqtini tirbandlik sababli yo'qotishadi va avtomobillarning harakatlanish tezligi o'rtacha 22,3 km/soatni tashkil etadi. Hozirgi vaqtda rivojlangan mamlakatlarda jumladan, AQSh, Rossiya, Fransiya, Germaniya, Angliya, Xitoy, Hindiston, Yaponiya, kabi dunyoning yetakchi mamlakatlarida avtomobil oqimlarini boshqarish tizimlarini takomillashtirish, video tasvirlar asosida avtomobil oqimi ma'lumotlarini to'plash, qayta ishlash va sun'iy intellektning mashinaviy hamda chuqur o'qitish usullari yordamida yo'llardagi avtomobil tirbandliklarini intellektual tahlil qilish bo'yicha tadqiqotlar amalga oshirilmoqda. Bu borada, jumladan, avtomobil tirbandliklari yo'l harakati xavfsizligi buzilishiga, yaqin va uzoq muddatli ijtimoiy-iqtisodiy zararlarni keltirishiga, atrot-muhit ekologiyasining buzilishiga olib keladi, bu muammolarni hal qilish maqsadida video tasvirdan avtomobil oqimi ma'lumotlarini tanib olish, sun'iy intellekt uchun ma'lumotlar to'plamini tayyorlash, mashinaviy o'qitish, mashinaviy o'qitishning ansambl hamda chuqur o'qitish modellari yordamida avtomobil tirbandliklarini aniqlashning usul va algoritmlarini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun video tasvirdan obyektlarni tanib olishda YOLO texnologiyalariga asoslangan algoritmlarni ishlab chiqish, sun'iy intellekt uchun ma'lumotlar to'plamini tayyorlashda tartiblash va normallashtirish usullarini qo'llash, avtomobil tirbandliklarini aniqlashda mashinaviy o'qitish, mashinaviy o'qitishning ansambllari va chuqur o'qitishning neyron tarmoqli modellarini qo'llash, mashinaviy va chuqur o'qitish modellarini opimallashtirish algoritmlarini ishlab chiqishga qaratilgan keng ko'lamlil ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

Respublikamizda raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt keskin rivojlanib bormoqda hamda barcha ijtimoiy-iqtisodiy sohalarga jadallik bilan tadbiri qilinmoqda. Xususan, iqtisodiyot, ijtimoiy sektor, davlat boshqaruvi, xavfsizlik tizimlarida raqamli texnologiyalarni joriy qilish asosida barcha jarayonlarni avtomatlashtirilgan holda boshqarish mexanizmlarini ishlab chiqish, avtomatlashtirilgan tizimlar tarkibidagi ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish, shu bilan birgalikda avtomobil oqimlarini boshqarish algoritmlarini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda. 2022–2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida O'zbekiston Respublikasi prezidentining Farmonida, jumladan "Yo'l infratuzilmasini takomillashtirish va xavfsiz harakatlanish sharoitlarini yaratish orqali yo'llarda avariya va o'lim holatlarini qisqartirish, shu jumladan harakatni boshqarish tizimini to'liq raqamlashtirish va jamoatchilikning ushbu sohadagi ishlarda keng ishtirokini

ta'minlash"¹ bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda jumladan, yo'l harakati uchun boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish, avtomobil oqimi ma'lumotlarini video tasvirlar orqali aniqlash usullarini takomillashtirish, sun'iy intellekt asosida avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun ma'lumotlar to'plamini shakllantirish, avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun mashinaviy o'qitish va chuqur o'qitishga asoslangan algoritmlarni ishlab chiqish, avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun mashinaviy o'qitish va chuqur o'qitish modellarini optimallashtirishning algoritmi va dasturiy vositasini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 5 oktabrdagi "Raqamli O'zbekiston-2030 strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" PF-6079-son, 2022 yil 28 yanvardagi "2022 — 2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" PF-60-sonli Farmonlari, 2021 yil 17 fevraldagi "Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida" PQ-4996-son, 2024 yil 14 oktabrdagi "Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida" PQ-358-son Qarorlari va mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Ushbu tadqiqot ishi respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV - «Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish» ustuvor yo'nalishi doirasida amalga oshirilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Dunyo bo'ylab bir qancha olimlar, tadqiqotchilar va ekspertlar avtomobil tirbandliklarini intellektual tahlil qilish va aniqlash bo'yicha tadqiqot ishlarini olib borishmoqda. Xorijiy olimlardan C.F.Daganzo, B.Greenshield, H.X.Liu, Cassidy va Herman kabi olimlar avtomobil oqimining tezlik va zichlik o'rtasidagi munosabati hamda avtomobil oqimining dinamik xatti-harakatlarini modellashtirish bo'yicha samarali tadqiqotlar olib borishgan. Avtomobil oqimi ma'lumotlaridan foydalangan holda sun'iy intellektning mashinaviy o'qitish va chuqur o'qitish usullari asosida avtomobil tirbandliklarini aniqlash bo'yicha xorijiy olimlardan A.Lakshna, Ch.Chaoura, J.Levy, Y.Suning va M.Pereira kabi olimlar bir qancha tadqiqot ishlarini olib bormoqdalar.

Shuningdek, O'zbekistonda M.M.Kamilov, T.F.Bekmuratov, D.T.Muxammadiyeva, I.I.Jumanov, A.R.Axatov, N.S.Mamatov, M.A.Ismailov, L.F.Sulyukova, O.J.Babomuradovlar ma'lumotlarga intellektual ishlov berish va ekspertli boshqaruvga bag'ishlangan ilmiy tadqiqotlarga katta hissa qo'shib kelishmoqda.

Yuqorida keltirilgan olim va tadqiqotchilarning ilmiy tadqiqot ishlari tizimli tahlil qilinishi natijasida avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun video ma'lumotlar asosida ma'lumotlar to'plamini shakllantirish, mashinaviy va chuqur

¹ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2024 yil 14 oktabrdagi "Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida" PQ-358-son Qarori.

o‘qitishga asoslangan usullar yordamida avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashuvchi model va algoritmlar yetarli darajada o‘rganilmaganligi aniqlandi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti va Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filialining A5-039-“Ma‘lumotlarni intellektual tahlil qilishning parallel algoritmlarini qurish dasturiy vositalarini ishlab chiqish”, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 6 iyuldagi “2022-2026 yillarda O‘zbekiston Respublikasining innovasion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo‘yicha tashkiliy chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-307-son qarorining 7-ilovasi 143-bandida belgilangan “Video ma‘lumotlar (sun‘iy intellekt) asosida transport harakati tirbandliklarini tahlil qilish va tizimini ishlab chiqish” mavzusidagi ilmiy loyihalar rejasiga kiritilgan loyihalar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishning yondashuv, algoritmlari va dasturiy vositasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

video tasvirli ma‘lumotlarni sun‘iy intellekt usullariga o‘qitish asosida avtomobil tirbandliklarini aniqlashning usul, model va algoritmlarini tizimli tahlil qilish;

avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun video tasvirli ma‘lumotlarni qabul qilish, tayyorlash, qayta ishlash va boshqarish mexanizmi hamda algoritmini ishlab chiqish;

mashinaviy o‘qitishning nazoratli va ansambl modellari asosida avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishning algoritmlarini ishlab chiqish hamda takomillashtirish;

neyron tarmoqli modellar asosida avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishning algoritmini ishlab chiqish;

sun‘iy intellekt usullari yordamida avtomobil tirbandliklarni aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish algoritmlarining dasturiy vositasini ishlab chiqish va joriy qilishdan iborat.

Tadqiqotning obykti video tasvirli avtomobil oqimi ma‘lumotlari asosida avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish jarayoni qarab o‘tilgan.

Tadqiqotning predmeti video tasvir asosida avtomobil oqimi ma‘lumotlarini qabul qilishning YOLO modellari, ma‘lumotlar to‘plamini tayyorlashda tartiblash va normallashtirish usullari, avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun mashinaviy o‘qitishning ansambl usullari, chuqur o‘qitishning neyron tarmoqli modellari va algoritmlari belgilab olingan.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot davomida matematik modellashtirish, mashshtablash va normallashtirish, mashinaviy o‘qitishning ansambl usullari, statistik tahlil, neyron tarmoqlari va dasturlash texnologiyalaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish uchun korrelyatsiya ko‘rsatkichlari yordamida asosiy xususiyatlarni ajratishni hisobga olib, normallashtirish, standartlashtirish usullari asosida video tasvirdan olingan ma’lumotlarni tayyorlashning boshqaruv algoritmi ishlab chiqilgan;

avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish uchun chiziqli bog‘lanmagan ma’lumotlarni boshqarish maqsadida mashinaviy o‘qitishning Gradient boosting, XGBoost modellariga asoslangan algoritmlari ishlab chiqilgan;

avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishdagi murakkab munosabatlarni hisobga olib, ko‘p qatlamli neyron tarmoqqa asoslangan holda tirbandlik darajalarini aniqlash algoritmi ishlab chiqilgan;

avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish aniqligini oshirish uchun bayes optimallashtirish asosida mashinaviy o‘qitishning ansambl va ko‘p qatlamli neyron tarmoq modellarini takomillashtirish algoritmi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish uchun dastlabki ma’lumotlarni qayta ishlash va tayyorlashning algoritmik ta‘minoti ishlab chiqilgan;

avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish uchun samarali hisoblangan mashinaviy o‘qitishning ansambl modellarini algoritmik ta‘minoti ishlab chiqilgan;

avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish uchun ko‘p qatlamli neyron tarmoq modellarining algoritmik ta‘minoti ishlab chiqilgan;

avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish uchun mashinaviy o‘qitishning ansambl va neyron tarmoqli algoritmlarining dasturiy modullari yaratilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi qo‘yilgan muammoning matematik jihatdan aniq ifodalanishi, avtomobil oqimi ma’lumotlarini YOLO modellari asosida qabul qilish, mashinaviy o‘qitish, mashinaviy o‘qitishning nazoratli va ansambl modellari hamda ko‘p qatlamli neyron tarmoq asosida avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishning dasturiy vositasini ishlab chiqish va tajribaviy tadqiqotlarning ijobiy natijalari bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ishlab chiqilgan hisoblashning matematik modellari, usullari va algoritmlari mashinaviy o‘qitishning nazoratli va ansambl hamda neyron tarmoqlariga asoslangan algoritmlari asosida avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish tizimini optimallashtirish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundan iboratki, ishlab chiqilgan usul va algoritmlar, avtomobil oqimi ma’lumotlarini to‘plash va tayyorlash, avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishi,

avtomobil tirbandliklarini oldindan aniqlash aniqligi va vaqt samaradorligini oshirishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Dissertatsiya tadqiqotlari doirasida avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko'maklashishning intellektual algoritmlarini ishlab chiqish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko'maklashish uchun korrelyatsiya ko'rsatkichlari yordamida asosiy xususiyatlarni ajratishni hisobga olib, normallashtirish, standartlashtirish usullari asosida video tasvirdan olingan ma'lumotlarni tayyorlashning boshqaruv algoritmi hamda avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko'maklashish uchun chiziqli bog'lanmagan ma'lumotlarni boshqarish maqsadida mashinaviy o'qitishning Gradient boosting, XGBoost modellariga asoslangan algoritmlarining dasturiy vositasi Samarqand viloyati Kattaqo'rg'on shahar IIB Yo'l harakati xavfsizligi tizimida joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi Samarqand viloyat hududiy boshqarmasining 2024-yil 31-oktabrdagi 20-32/158-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, model aniqligi Accuracy bo'yicha 0.88 dan 0.95 aniqlilikka, tirbandlikni aniqlash samaradorligi 11-14%ga oshirish imkoniyatini bergan;

avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishdagi murakkab munosabatlarni hisobga olib, ko'p qatlamli neyron tarmoqqa asoslangan holda tirbandlik darajalarini aniqlash algoritmi ishlab chiqilgan hamda avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko'maklashish aniqligini oshirish uchun bayes optimallashtirish asosida mashinaviy o'qitishning ansambl va ko'p qatlamli neyron tarmoq modellarini takomillashtirish algoritmining dasturiy vositasi Samarqand viloyati Oqdaryo tumani IIB Yo'l harakati xavfsizligi tizimlarida amaliyotga tatbiq etilgan (O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligi Samarqand viloyat hududiy boshqarmasining 2024-yil 31-oktabrdagi 20-32/158-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, model aniqligi Accuracy bo'yicha 0.88 dan 0.90 aniqlilikka, tirbandlikni aniqlashni 11-13 % ga oshirish imkoniyatini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 10 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 22 ta ilmiy ish chop etilgan, jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalarning asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarida 5 ta maqola, 1 tasi xorijiy va 4 tasi respublika jurnallarida nashr etilgan hamda 2 ta EHM uchun yaratilgan dasturiy vositalarni qayd qilish guvohnomalari olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 105 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirishda dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari taraqqiyotining ustuvor

yoʻnalishlariga mosligi koʻrsatilgan. Tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilab olingan hamda tadqiqot obyekti, predmeti aniqlangan. Shular asosida olingan natijalarning ishonchliligi asoslanib, ularning nazariy va amaliy ahamiyati koʻrsatilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish holati, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi boʻyicha maʼlumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga koʻmaklash masalasining tizimli tahlili” deb nomlangan** deb nomlangan birinchi bobi, uchta paragrafdan iborat boʻlib, unda avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga koʻmaklashish masalasining tizimli tahlili, oʻrganilganlik darajasi tahlil qilinib, masalaning dolzarbligi asoslangan. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilish masalasining matematik qoʻyilishi quyidagicha ifodalanadi. Bunda, avtomobil oqimining maʼlumotlar toʻplamida i -maʼlumotlar qismi uchun xususiyatlar vektori quyidagi (1) orqali belgilanadi:

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}, Y_i), Y_i \in (y_1, y_2, y_3, y_4) \quad (1)$$

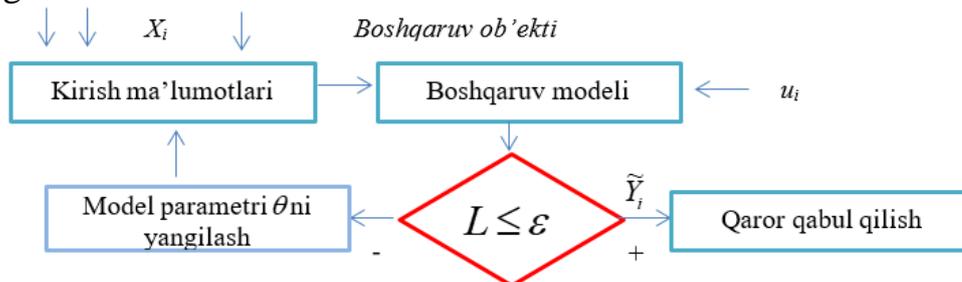
Bunda x_{im} – i -maʼlumotning m -chi xususiyatini tavsiflaydi, Y_i – i -maʼlumotning maqsadli oʻzgaruvchisi, yaʼni klassifikatsiya natijasi boʻlib 4 xususiyatdan birini ifodalaydi. Avtomobil tirbandliklarini bashorat qilish uchun mashinaviy va chuqur oʻqitishning klassifikatsiya modellaridan foydalaniladi. Masalani hal qilishning boshqaruv modeli quyidagi (2) orqali ifodalanadi.

$$\begin{aligned} \tilde{Y}_i &= f(X_i, u_i, \theta), Y_0 = Y(X_0), u_i = u(t_i) \\ L &= L(Y, \tilde{Y}) \rightarrow \min \end{aligned} \quad (2)$$

Bunda \tilde{Y}_i – i -maʼlumot uchun bashorat natijasi, yaʼni tirbandlik holati, f – klassifikatsiya funksiyasi, X_i – i -maʼlumotning xususiyatlar vektori va θ – tanlangan model parametri, u_i – i -maʼlumot uchun tashqi taʼsir qiluvchi boshqaruv parametri hisoblanadi. Avtomobil tirbandligini aniqlash modelini tayyorlashda u_i boshqaruvni hisobga olib n ta X_i maʼlumotlar \tilde{Y}_i va Y_i oʻrtasidagi farqni minimallashtirishni θ parametri orqali amalga oshiradi. Bu jarayon $L(Y, \tilde{Y})$ yoʻqotish funksiyasini minimallashtirish yordamida bajariladi va bu (3) formula orqali ifodalanadi.

$$L(Y, \tilde{Y}) = \min_{\theta} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L(Y_i, \tilde{Y}_i) \quad (3)$$

Model parametri θ optimallashtirish usullari orqali topiladi. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilish masalasining boshqaruv sxemasi quyidagi 1-rasm koʻrinishida ifodalanadi.



1 -rasm. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga koʻmaklashish masalasining boshqaruv sxemasi.

Yuqorida ishlab chiqilgan 1-rasm ko‘rinishidagi boshqaruv sxemasi bo‘yicha dastlab ma’lumotlar qabul qilinadi va tayyorlanadi. Keyingi qadamda (2) formula asosidagi boshqaruv modeli ishga tushiriladi, yo‘qotish funksiyasi hisoblanib epsilon chegara bilan solishtiriladi, agar shart bajarilsa, qaror qabul qilinadi, aks holda teskari aloqa ishga tushirilib model parametrlari yangilanadi hamda model qayta o‘qitiladi.

Dissertatsiyaning “**Avtomobil tirbandliklarini aniqlash va ma’lumotlarni qayta ishlashning usul va algoritmlari**” deb nomlangan ikkinchi bobi, to‘rtta paragrafdan iborat bo‘lib, unda avtomobil tirbandliklarini tahlil qilishning model, usul va yondashuvlari tadqiq qilingan hamda tirbandliklarni aniqlashning oqim va tezlik bo‘yicha darajalari keltirib o‘tilgan. Avtomobil tirbandliklarini boshqarish uchun odatda makroskopik va mikroskopik modellardan keng foydalaniladi. Mikroskopik modellar individual avtmobillarni harakatini tadqiq qilish uchun foydalaniladi, makroskopik modellar esa avtomobil oqimini tadqiq qilish uchun ishlatiladi. Tirbandlk darajalarini yo‘llardagi avtomobillar soniga, tezligiga va avtomobillar oqimining uzunligiga bog‘liq bo‘ladi. Odatda, tirbandlik holati 4 ta darajaga ajratiladi, ya’ni, past, normal, yuqori, og‘ir. Yo‘lning maksimal o‘tkazuvchanligi 1000 avtomobil/soat bo‘lganda, avtomobillar soni 200 avtomobil/soat yoki undan kam bo‘lsa past, avtomobillar soni 200-500 avtomobil/soat orasida bo‘lsa normal, avtomobillar soni 500-800 avtomobil/soat orasida bo‘lsa yuqori, avtomobillar soni 800 avtomobil/soat bo‘lsa og‘ir darajadagi tirbandlik hisoblanadi. Tirbandlikning ball ko‘rsatkichlari bo‘yicha quyidagi mezonlar orqali belgilanadi. 0-2 ball (yashil, past)- tezlik 60-40 km/soat, 3-4 ball (sariq, normal)- tezlik 30-40 km/soat, 5-6 ball (qizil, yuqori)- tezlik 10-20 km/soat, 7-10 ball (to‘q qizil, og‘ir) - tezlik 10 km/soat va undan past bo‘ladi. Obyektlarni tanib olish usullaridan FasterR-CNN, SSD, YOLO usullari tahlil qilinishi natijasida tadqiqot uchun YOLO tanlab olindi. Mazkur tadqiqotda video tasvirlardan YOLO orqali ma’lumotlarni qabul qilish va bu ma’lumotlarni mashinaviy hamda chuqur o‘qitish modellari asosida yo‘llardagi tirbandliklarni aniqlash algoritmlari ishlab chiqildi. Video tasvirlardan avtomobillar soni, avtomobillar tezligi, harakat yo‘nalishlari, yo‘l-transport hodisalari, ob-havo sharoitlari, avtomobil zichligi, vaqt kabi ma’lumotlar qabul qilinadi. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun ma’lumotlarini qayta ishlash hamda tayyorlashning algoritmi ishlab chiqildi va u quyidagi qadamlarda amalga oshiriladi.

1-qadam. $D = \{(x_i, y_i)\} (i = 1, 2, \dots, n)$ ma’lumotlarni qabul qilish;

2-qadam. Korrelyatsiya tahlili orqali asosiy hisoblangan xususiyatlarni tanlash;

3-qadam. Ma’lumotlarni tozalash. Takroriy yozuvlarni aniqlab, ularning birini saqlab qolish, Xato yozilgan qiymatlarni to‘g‘rilash yoki standart formatga o‘tkazish, NaN (Not a Number) qiymatlarini o‘rta qiymat bilan to‘ldirish.

$$D(x_i, x_j) = \begin{cases} 1 & \text{agar } x_i = x_j \\ 0 & \text{agar } x_i \neq x_j \end{cases}$$

4-qadam. Avtomobil oqimi ma’lumotlarini normallashtirish; Qiymatlarni [0,1] oralig‘iga o‘tkazish;

$$x_{yangi} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

5-qadam. Avtomobil oqimi ma'lumotlarini kodlash. Bunda kategorik xususiyatlarni raqamli ko'rinishga aylantiriladi. Ma'lumotlar to'plamidagi *Vaqt*, *HKuni*, *Obhavo* va *Tirbandlik holati* ustunlarida joylashgan matnli ma'lumotlar raqamli ma'lumotlarga almashtiriladi.

6-qadam. Ma'lumotlarni bo'lish. Bunda $X_{o'quv} = \{x_1, x_2, \dots, x_{N_{o'quv}}\}$ o'quv va $X_{test} = \{x_1, x_2, \dots, x_{N_{test}}\}$ test to'plamlariga ajratiladi.

Dissertatsiyaning “**Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko'maklash uchun mashinaviy o'qitishning ansambl va neyron tarmoqli algoritmlari**” deb nomlangan uchinchi bobi, to'rtta paragrafdan iborat bo'lib, unda avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun mashinaviy o'qitishning Logistik Regressiya, Qaror daraxti, K-NN, Bayes klassifikator hamda mashinaviy o'qitishning Gradient Boosting, XGBoost ansambllari va ko'p qatlamli neyron tarmoqlarga asoslangan algoritmlarini yaratish ko'rib chiqildi.

Tajriba natijalarini oshirish uchun mashinaviy o'qitishning boosting, bagging, blending, stacking, voting ansambl usullari tahlil qilinishi natijasida boosting ansambllari va neyron tarmoqlariga asoslangan algoritmlar ishlab chiqildi. Boosting ansambl usuli bir nechta zaif usullarni bitta modelga birlashtirish orqali modelning umumiy aniqliligini oshiradi va u 4-formula ko'rinishida yoziladi:

$$H(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i h_i(x) \quad (4)$$

Bunda $H(x)$ – yakuniy kuchaytirilgan bashorat, n -zaif modellar soni, $h_i(x)$ – i -zaif modelning bashorati, α_i – i -zaif modelga berilgan vazn hisoblanadi.

Avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun Gradient boostingga asoslangan algoritmi ishlab chiqildi va u quyidagi qadamlardan iborat bo'ladi.

1-qadam. $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ kiruvchi, chiquvchi $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ tirbandlik sinflari ma'lumotlarini shakllantirish;

2-qadam. Gradient boostingning har bir qadam qiymatlarini iterativ yig'indi ravishda quyidagi (5) formula orqali hisoblash:

$$F_M(x) = \sum_{m=1}^M h_m(x) \quad (5)$$

Bu yerda M -daraxtlar soni (modelning iteratsiyalar soni), $h_m(x)$ - m -daraxtning chiqishi, $F_M(x)$ - yakuniy model. Bunda har bir $h_m(x)$ daraxti, oldingi $h_{m-1}(x)$ daraxtining xatolarini minimallashtirish uchun o'qitiladi.

3-qadam. Yo'qotish funksiyasi $L(y, \tilde{y})$ ni (6) formula orqali hisoblash;

$$L(y, \tilde{y}) = -\sum_{k=1}^K y_k \cdot \log(p_k(x)) \quad (6)$$

Bu yerda $K = 4$ - sinflar soni, $p_k(x)$ - model tomonidan bashorat qilingan ehtimollik bo'lib u (7) orqali ifodalanadi.

$$p_k(x) = \frac{e^{(F_k(x))}}{\sum_{j=1}^K e^{F_j(x)}} \quad (7)$$

Bu yerda $F_k(x)$ - k -sinf uchun chiquvchi qiymat.

4-qadam. Gradient boostingning iteratsion jarayonini hisoblash;

4.1-qadam. Yo‘qotish funksiyasi uchun boshlang‘ich modelni (8) orqali hisoblash;

$$F_0(x) = \arg \min_{\rho} \sum_{i=1}^n L(y_i, \rho) \quad (8)$$

Bu yerda ρ - boshlang‘ich qiymat.

4.2-qadam. Har bir iteratsiya m dagi gradientni (9) formula orqali hisoblash;

$$r_{i,k}^{(m)} = - \left[\frac{\partial L(y_i, F(x_i))}{\partial F_k(x_i)} \right]_{F(x)=F_{m-1}(x)} \quad (9)$$

bu yerda $r_{i,k}^{(m)}$ - i -namuna uchun k -sinf bo‘yicha gradient, $F_{m-1}(x)$ - oldingi iteratsiyada o‘qitilgan model. Yo‘qotish funksiyasi uchun gradient quyidagicha:

$$r_{i,k}^{(m)} = y_{i,k} - p_k(x_i)$$

4.3-qadam. Daraxtni o‘qitish. Yangi daraxt $h_m(x)$ ni o‘qitish uchun gradientlarni minimallashtiradigan daraxt quriladi:

$$h_m(x) = \arg \min_h \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K (r_{i,k}^{(m)} - h_k(x_i))^2$$

4.4-qadam. Modelni yangilash. Model quyidagicha yangilanadi, ν - o‘qitish tezligi:

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + \nu \cdot h_m(x)$$

5-qadam. Bashorat qilish. Oxirgi $F_M(x)$ dan foydalanib, avtomobil tirbandlik holati bashorat qilinadi.

Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishning Gradient boosting usuliga asoslangan algoritmi Accuracy bo‘yicha 0.93 aniqlilikka erishildi.

Avtomobil tirbandliklarinining XGBoost ansambl usuli uchun ma’lumotlar to‘plami sifatida $D = \{(x_i, y_i)\} (i=1,2,\dots,n)$ qabul qilindi va qaralayotgan modelda k ta daraxt qo‘llanilib modelning natijasi \hat{y}_i quyidagi (10) orqali aniqlanadi:

$$\hat{y}_i = \sum_{k=1}^K f_k(x_i), \quad f_k \in F \quad (10)$$

Bunda F gipoteza maydoni, $f(x)$ klassifikatsiya daraxti va u (11) orqali ifodalanadi:

$$F = \{f(x) = \omega_{q(x)}\} \quad (11)$$

Bunda $\omega_{q(x)}$ har bir klassifikatsiya daraxtining barg tuguni uchun vazn ball ko‘rsatkichini ifodalaydi va $q(x)$ -bargning tugunlari soni hisoblanadi. Oxirgi daraxtning qoldiq xatolariga mos keladigan yangi daraxt ishlab chiqilganda, t - daraxt uchun bashorat qilingan qiymat quyidagi (12) orqali hisoblanadi.

$$\hat{y}_i^t = \hat{y}_i^{t-1} + f_t(x) \quad (12)$$

Maqsad funksiyasi quyidagi (13) orqali hisoblanadi:

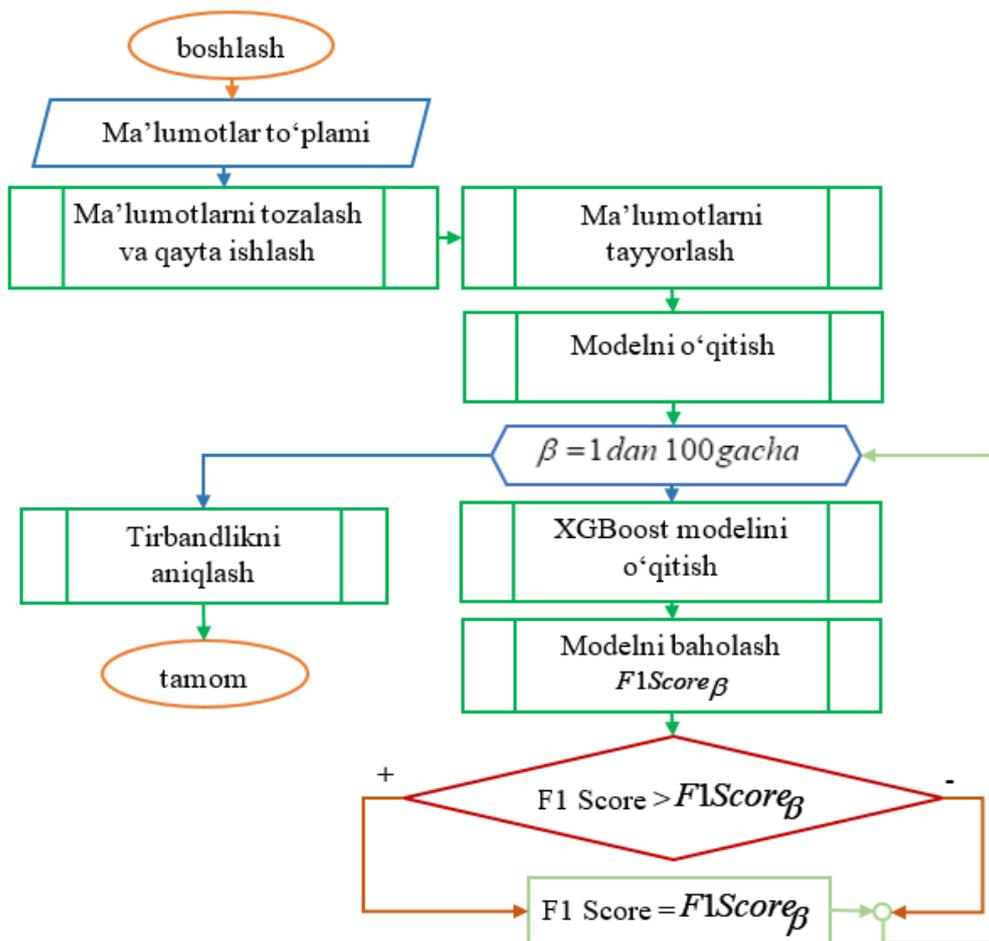
$$J^{(t)} = \sum_{i=1}^n L(y_i, \hat{y}_i) + \Omega(f_t) \quad (13)$$

Bu yerda L – yo‘qotish funksiyasi, Ω - modelning murakkabligini kamaytirish uchun jarima funksiyasi va u (14) formula bilan ifodalanadi:

$$\Omega(f) = \gamma T + \frac{1}{2} \lambda \sum_{j=1}^T \omega_j^2 \quad (14)$$

Bu yerda γ - o‘qitish qiymatining murakkabligi, T barglar soni, λ - jarima miqdori va ω - har bir bargdagi vazn ball ko‘rsatkichlarining vektori hisoblanadi.

Avtomobil tirbandliklarini aniqlashning XGBoost ansambl usuliga asoslangan algoritmi ishlab chiqildi va u quyidagi 2-rasm ko‘rinishida bo‘ladi.



2-rasm. Avtomobil tirbandliklarini aniqlashning XGBoost ansambl usuliga asoslangan algoritmini blok-sxemasi.

Ishlab chiqilgan algoritmning natijalari 2-jadval ko‘rinishida keltirilgan.

2-jadval. Avtomobil tirbandliklarini aniqlashning XGBoost usuliga asoslangan algoritmini natijalari.

Mashinaviy o‘qitish algoritmi	Algoritmni baholash ko‘rsatkichlari	
	Accuracy	F1 Score
XGBoostga asoslangan algoritmi	0,95	0,94

Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishning ko‘p qatlamli neyron tarmoqqa asoslangan algoritmi ishlab chiqildi va u quyidagi qadamlarda amalga oshiriladi.

1-qadam. A1 algoritm natijasida olingan ma’lumotlar to‘plami qabul qilinsin;

2-qadam. Agar $i \leq N$ bo‘lsa 3-qadam, aks holda 9-qadam bajarilsin;

3-qadam. Dastlabki yashirin qatlamning $X^{(2)}$ neyronlarini l dan 10 gacha sikl orqali hisoblash; $X^{(2)}$ (15) orqali hisoblanadi:

$$X^{(2)} = f_1(W^{(2)} \times X^{(1)} + B^{(2)}) \quad (15)$$

$X^{(2)}$ ning qiymati Relu orqali faollashtiriladi.

4-qadam. Keyingi qatlamdagi neyronlarda $Y = (y_1 \dots y_n)$ qiymatlar hisoblanadi.

$Y = (y_1 \dots y_n)$ ning qiymatlari (16) orqali ifodalanadi.

$$Y = f_2(W^{(3)} \times X^{(2)} + B^{(3)}) \quad (16)$$

5-qadam. Hisoblansin $i=i+1$;

6-qadam. Agar $i > n$ bo‘lsa, algoritm 7-qadamga; aks holda 2-qadamga o‘tilsin;

7-qadam. Yo‘qotish funksiyasini hisoblash u (17) orqali ifodalanadi;

$$L = \sum_{k=1}^m y_k \log\left(\frac{y_k}{\hat{y}_k}\right) \quad (17)$$

8-qadam. Ortga qaytish va koeffitsiyentlarni sozlash. Ko‘p qatlamli neyron tarmoqning koeffitsiyentlarining Gradientlari $\theta \leftarrow \theta - \alpha \frac{\partial L}{\partial \theta}$ hisoblanadi. Bunda α -

o‘qitish tezligi bo‘lib, sozlash vaqtida siljish hajmini belgilaydi;

9-qadam. Tamom.

Ishlab chiqilgan algoritmning natijalari 3-jadval ko‘rinishida keltirilgan.

3-jadval. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishning ko‘p qatlamli neyron tarmoqli algoritmi natijalari

Mashinaviy o‘qitish algoritmi	Giperparametrlar	Algoritmni baholash ko‘rsatkichlari	
		Accuracy	F1 Score
Ko‘p qatlamli perseptron	epochs = 100	0,89	0,88
	batch_size = 32		
	loss ='categorical_crossentropy'		
	$h^{(1)} = 64$		
	$h^{(2)} = 32$		
	activation='relu'		
	activation='softmax'		

Ishlab chiqilgan avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishning ansambl va ko‘p qatlamli neyron tarmoqli algoritmlari asosida yo‘llardagi tirbandliklarni aniqlash imkoniyati yaratildi.

Dissertatsiyaning “Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklash algoritmlarini takomillashtirish va dasturiy vositasini

ishlab chiqish” deb nomlangan to‘rtinchi bobi, uchta paragrafdan iborat bo‘lib, unda XGBoost va ko‘p qatlamli neyron tarmoqli modellarning eng yaxshi giperparametrlarini aniqlashni Bayes optimallashtirish orqali takomillashtirish usuli ishlab chiqilgan. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklash algoritmlarining dasturiy vositasi va uning tajriba sinov natijalari keltirib o‘tilgan. XGBoost va ko‘p qatlamli neyron tarmoq modelining eng yaxshi giperparametrlarini Bayes optimallashtirish orqali aniqlash uchun maqsad funksiyasi sifatida yo‘qotish funksiyasi tanlanadi. Chunki yo‘qotish funksiyasining eng minimum qiymatidagi giperparametrlarni topish amalga oshiriladi va u (18) formula yordamida ifodalanadi:

$$f(X) = \min(L(y, \tilde{y})) \quad (18)$$

Bu yerda $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ giperparametrlar vektori, n -giperparametrlar soni hisoblanadi, L yo‘qotish funksiyasi. Mashinaviy o‘qitishning XGBoost model parametrlari quyidagicha ifodalanadi. x_1 -o‘qitish tezligi, x_2 - XGBoost daraxtlarining uzunligi, x_3 - modeldagi qaror daraxtlari soni, x_4 -tasodifiy namunalar soni, x_5 - atributlarni tanlash uchun parametr kabi giperparametrlar olinadi. XGBoost modeli qurilgandan so‘ng, bir davrdagi ma’lumotlar o‘qitilganda giperparametrlar to‘liq yangilanadi, yangilanishda eng yaxshi giperparametrlar tanlanish uchun bayes ehtimollik aniqlanadi va u (19) formula yordamida ifodalanadi:

$$P(z|r) = \frac{P(r|z) \cdot P(z)}{P(r)} \quad (19)$$

Bu yerda $P(z|r)$ - r natija, ya’ni L yo‘qotishning minimumi uchun z qiymatning, ya’ni L ning argumentlarining ehtimoli, $P(z)$ - z qiymatning oldindan belgilangan ehtimoli, $P(r|z)$ - r natija (L) berilganda z qiymatning (L argumentlari) sodir bo‘lish ehtimoli, $P(r)$ - r natijaning oldindan belgilangan ehtimoli hisoblanadi. Avtomobil tirbandliklarini aniqlashda mashinaviy o‘qitishning XGBoost modelining eng yaxshi giperparametrlarini Bayes optimallashtirish orqali aniqlash algoritmi quyidagi qadamlarda bajariladi.

- 1-qadam.** A1 algoritmi natijasida olingan ma’lumotlar to‘plami qabul qilinsin;
- 2-qadam.** Modelni tayyorlash va dastlabki giperparametrlarni shakllantirish;
- 3-qadam.** Modelni o‘qitish;
- 4-qadam.** L yo‘qotish funksiyasini hisoblash;
- 5-qadam.** Modelni baholash;
- 6-qadam.** L yo‘qotish funksiyasi orqali Bayes optimallashtirishning maqsad funksiyasini belgilash;
- 7-qadam.** L yo‘qotish funksiyasining natijasi va argument qiymati orqali P ehtimollikni hisoblash;
- 8-qadam.** Agar $L < E$ bo‘lsa uholda giperparametrlarni chop qilish; aks holda **3-qadamga** o‘tish;
- 9-qadam.** Yangi bashorat qilinadigan qiymatlarni kiritish;
- 10-qadam.** Eng yaxshi giperparametrlari modelda bashorat natijalarini hisoblash;
- 11-qadam.** Tamom.

Ishlab chiqilgan algoritmi natijalari 4-jadval ko‘rinishida keltirilgan.

4 -jadval. Avtomobil tirbandliklarini aniqlashda mashinaviy o‘qitishning XGBoost modelining eng yaxshi giperparametrlarini Bayes optimallashtirish orqali aniqlash algoritmining natijalari.

Mashinaviy o‘qitish algoritmi	Giperparametrlar	Algoritmni baholash ko‘rsatkichlari	
		Accuracy	F1 Score
XGBoost+Bayes optimallashtirish algoritmi	colsample_bytree=0,88 learning_rate=0,02 max_depth=9 Subsample=0,96 n_estimators=220	0,96	0,95

Avtomobil tirbandliklarini aniqlashda ko‘p qatlamli neyron tarmoq modelining eng yaxshi giperparametrlarini Bayes optimallashtirish orqali aniqlash algoritmi quyidagi qadamlarda bajariladi.

1-qadam. A1 algoritm natijasida olingan ma’lumotlar to‘plami qabul qilinsin;

2-qadam. Agar $i \leq N$ bo‘lsa 3-qadam, aks holda 9-qadam bajarilsin;

3-qadam. Dastlabki yashirin qatlamning $X^{(2)} = f_1(W^{(2)} \times X^{(1)} + B^{(2)})$ neyronlarini 1 dan 10 gacha sikl orqali hisoblash;

4-qadam. Keyingi qatlam $Y = f_2(W^{(3)} \times X^{(2)} + B^{(3)})$ neyronlarni hisoblash;

5-qadam. Hisoblansin $i=i+1$;

6-qadam. Agar $i > n$ bo‘lsa, algoritm 7-qadamga; aks holda 2-qadamga o‘tilsin;

7-qadam. Yo‘qotish funksiyasi $L = \sum_{k=1}^m y_k \log\left(\frac{y_k}{\hat{y}_k}\right)$ ni hisoblash;

8-qadam. L yo‘qotish funksiyasining natijasi va argument qiymati orqali $P(a|b) = \frac{P(b|a) \cdot P(a)}{P(b)}$ ehtimollikni hisoblash;

9-qadam. Agar $L < E$ bo‘lsa uholda giperparametrlarni chop qilish; aks holda **2-qadamga** o‘tish;

10-qadam. Yangi bashorat qilinadigan qiymatlarni kiritish;

11-qadam. Eng yaxshi giperparametrlari modelda bashorat natijalarini hisoblash;

12-qadam.

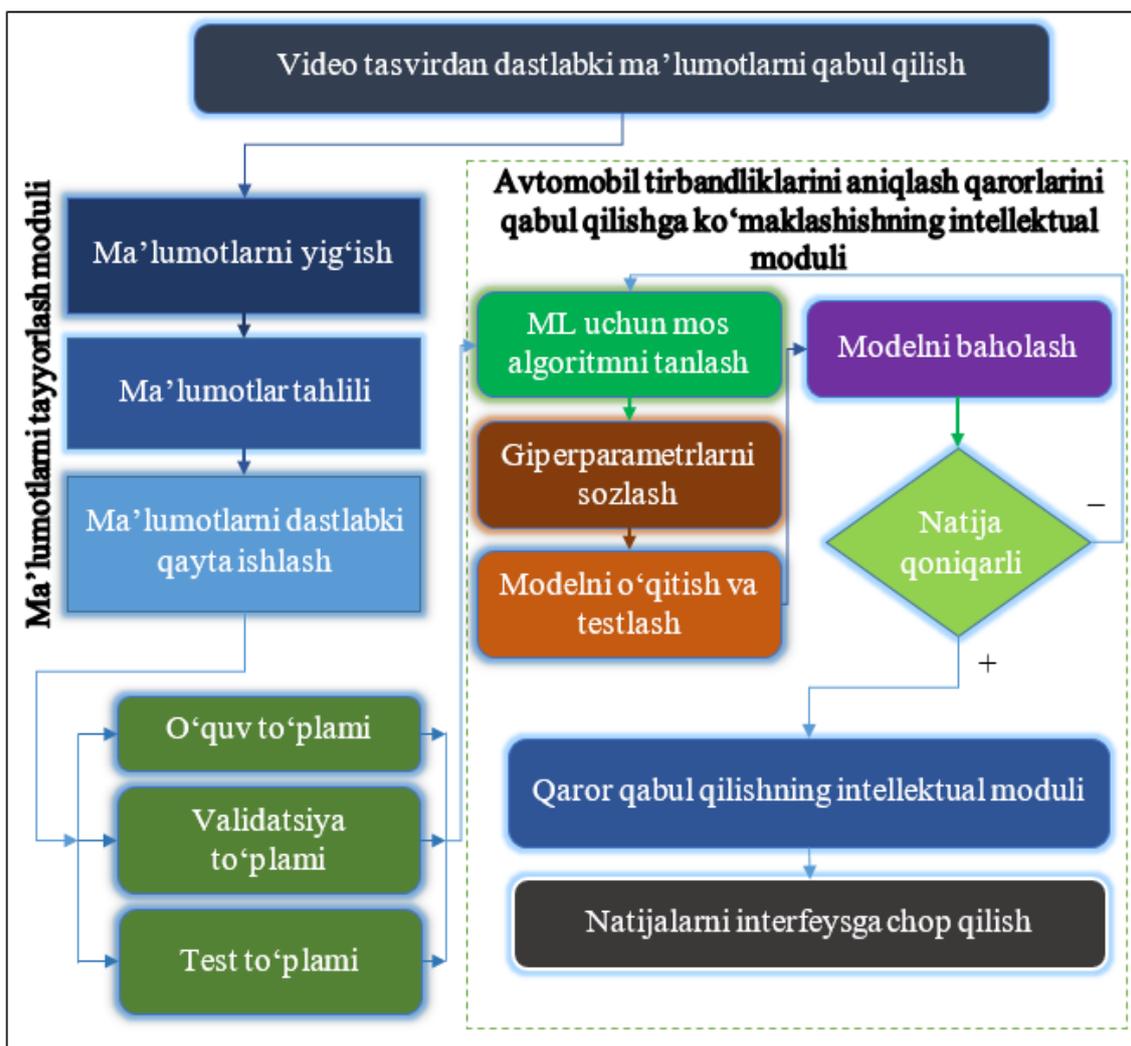
Ishlab chiqilgan algoritmning natijalari 5-jadval ko‘rinishida keltirilgan.

5-jadval. Avtomobil tirbandliklarini aniqlashda ko‘p qatlamli neyron tarmoq modelining eng yaxshi giperparametrlarini Bayes optimallashtirish orqali aniqlash algoritmining natijalari.

Mashinaviy o‘qitish algoritmi	Giperparametrlar	Algoritmni baholash ko‘rsatkichlari	
		Accuracy	F1 Score

Ko‘p qatlamli neyron tarmoq+Bayes optimallashtirish algoritmi	epochs = 100 batch_size = 24 loss ='categorical_crossentropy' $h^{(1)} = 76$ $h^{(2)} = 112$ activation='relu' activation='softmax'	0,90	0,89
--	---	------	------

Yuqorida ishlab chiqilgan model va algoritmlar yordamida avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishning dasturiy vositasi ishlab chiqildi va 3-rasm ko‘rinishidagi sxema orqali amalga oshiriladi.



3-rasm. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish tizimi dasturiy vositasining umumiy sxemasi.

Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashishning dasturiy vositasi Samarqand viloyati Kattaqo‘rg‘on shahar ichki ishlar bo‘limi yo‘l harakati xavfsizligi va Samarqand viloyati Oqdaryo tumani ichki ishlar bo‘limi yo‘l harakati xavfsizligi tizimlarida amaliyotga tatbiq etilgan. Natijada,

model aniqligi Accuracy bo'yicha 0.88 dan 0.95 aniqlilikka, tirbandliklarini aniqlash samaradorligi 11-14% ga oshirish imkoniyati yaratilgan.

XULOSA

1. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash hamda tahlil qilish masalasining mavjud usul va yondashuvlari hamda tadqiqot masalasini o'rganilganlik darajasi tizimli tahlil qilindi. Natijada, YOLO texnologiyalaridan foydalanish asosida ma'lumotlar to'plamini tayyorlash, tayyorlangan ma'lumotlar to'plami yordamida sun'iy intellekt algoritmlarini ishlab chiqish va ishlab chiqilgan algoritmlarni optimallashtirish usullarini ishlab chiqish dolzarbligi aniqlandi.

2. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko'maklashish masalasining qo'yilishi amalga oshirildi. Bunda, avtomobil tirbandliklarini aniqlash masalasini yechish bosqichlari, funksional sxemalari, boshqaruv modeli va boshqaruv sxemasi ishlab chiqildi.

3. Avtomobil tirbandliklarini aniqlashning oqim va tezlik bo'yicha darajalari hamda avtomobil tirbandligini aniqlashni intellektuallashtirish uchun avtomobil oqimi ma'lumotlarini qabul qilishning usullari tadqiq qilindi. Natijada, video tasvirlar asosida obyektlarni aniqlashning YOLO texnologiyasi asosida avtomobil oqimi ma'lumotlarini qabul qilish usuli taklif qilindi.

4. Avtomobil tirbandliklarini aniqlashni intellektuallashtirish uchun ma'lumotlarni tayyorlash usullari tadqiq qilindi. Tadqiqot natijasida ma'lumotlarni tayyorlash algoritmi ishlab chiqildi.

5. Avtomobil tirbandliklarini intellektual tahlil qilish uchun mashinaviy o'qitishning Logistik Regressiya, Qaror daraxti, K-NN, Bayes klassifikator usullari bo'yicha tadqiqot olib borildi. Natijada, mashinaviy o'qitishning Logistik Regressiya, Qaror daraxti, K-NN, Bayes klassifikator usullariga asoslangan algoritmlar ishlab chiqildi va tajriba natijalari olindi.

6. Mashinaviy o'qitishning boosting, bagging, blending, stacking, voting ansambl usullari tadqiq qilindi. Natijada, avtomobil tirbandliklarini aniqlash uchun mashinaviy o'qitishning Gradient boosting va XGBoost ansamblariga asoslangan algoritmlari ishlab chiqildi va tajriba natijalari olindi.

7. Ko'p qatlamli neyron tarmoqli modeli bo'yicha tadqiqot olib borildi. Natijada, avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko'maklashishning ko'p qatlamli neyron tarmoqqa asoslangan algoritmi ishlab chiqildi.

8. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko'maklashishning XGBoost va ko'p qatlamli neyron tarmoqli model va algoritmlarini Bayes optimallashtirish orqali takomillashtirish usuli ishlab chiqildi. Bunda Bayes optimallashtirish orqali XGBoost va ko'p qatlamli neyron tarmoqli modellarning eng yaxshi giperparametrlarini aniqlash algoritmlari ishlab chiqilib tajriba natijalari olindi. Tajriba natijalari asosida model aniqligi Accuracy 96% va F1-Score 95% ko'rsatkichlarga erishildi.

9. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish algoritmlari asosida tirbandliklarni aniqlash tizimi ishlab chiqildi. Natijada, tizimning dasturiy modullari va funksional imkoniyatlari tizimlashtirildi.

10. Avtomobil tirbandliklarini aniqlash qarorlarini qabul qilishga ko‘maklashish algoritmlari Samarqand viloyati Kattaqo‘rg‘on shahar ichki ishlar bo‘limi va Samarqand viloyati Oqdaryo tumani ichki ishlar bo‘limi yo‘l harakati xavfsizligi tizimlarida joriy qilindi va tajriba natijalari olindi. Joriy qilinish natijasida, avtomobil tirbandliklarini aniqlash vaqtni minimallashtirish va aniqlilikni oshirish imkoniyati yaratildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/29.12.2023.Т.02.12 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫЙ СТПЕНЕЙ ПРИ САМАРКАНДСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА**

ЭШТЕМИРОВ БУНЁД ШЕРАЛИ УГЛИ

**Алгоритмы поддержки принятия решений по обнаружению
автомобильных пробок**

05.01.02 – Системный анализ, управление и обработка информации

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

Самарканд – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан за номером B2024.4.PhD/T5066.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова.

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

Научный руководитель:

Ахатов Акмал Рустамович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Ведущая организация:

Защита диссертации состоится «__» _____ 2025 г. в ____ часов на заседании Научного совета PhD.03/29.12.2023.T.02.12 при Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова (Адрес: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар, 15. Тел: (99866) 239-11-40. Факс: (99866) 239-11-40; E-mail: devonxona@samdu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова (регистрационный номер № ____). (Адрес: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар, 15. Тел: (99866)239-11-40; Факс: (99866)239-11-40.)

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2025 года.

(реестр протокола рассылки № ____ от «__» _____ 2025 года).

У.Р.Хамдамов

Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

Ф.М.Назаров

Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней,
доктор философии по
техническим наукам, доцент

Х.А.Примова

Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению ученых степеней,
доктор технических наук

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире ведутся обширные исследования по интеллектуальному анализу и управлению данными о транспортных потоках. Согласно статистике компании INRIX по анализу пробок по всему миру, в крупных городах мира, таких как Москва, Стамбул, Мехико, Лондон, водители теряют в среднем 150-275 часов времени из-за пробок в год, а средняя скорость движения автомобилей составляет 22,3 км/ч. В настоящее время в развитых странах, включая США, Россию, Францию, Германию, Англию, Китай, Индию, Японию, проводятся исследования по совершенствованию систем управления транспортными потоками, сбору и обработке данных о транспортных потоках на основе видеоизображений, интеллектуальному анализу пробок на дорогах с использованием методов машинного и глубокого обучения искусственного интеллекта. В этой связи, среди прочего, пробки приводят к нарушению безопасности дорожного движения, немедленному и долгосрочному социально-экономическому ущербу, ухудшению состояния окружающей среды. Для решения этих задач особое внимание уделяется разработке методов и алгоритмов распознавания данных о транспортных потоках на видеоизображениях, подготовке наборов данных для искусственного интеллекта, разработке методов и алгоритмов обнаружения транспортных заторов с использованием моделей машинного обучения, ансамблевого машинного обучения и глубокого обучения.

В мире ведутся масштабные научные исследования по разработке алгоритмов на основе технологий YOLO для распознавания объектов на видеоизображениях для обнаружения пробок, по использованию методов сортировки и нормализации для подготовки наборов данных для искусственного интеллекта, по использованию машинного обучения, ансамблей машинного обучения и моделей нейронных сетей глубокого обучения для обнаружения пробок, по разработке алгоритмов оптимизации моделей машинного и глубокого обучения.

Цифровые технологии и искусственный интеллект стремительно развиваются в нашей республике и стремительно внедряются во все социально-экономические сферы. В частности, особое внимание уделяется разработке механизмов автоматизированного управления всеми процессами на основе внедрения цифровых технологий в экономику, социальную сферу, государственное управление, системы безопасности, а также разработке алгоритмов управления транспортными потоками. В Указе Президента Республики Узбекистан «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022–2026 годы» среди прочего обозначены важные задачи по «сокращению аварийности и смертности на дорогах путем совершенствования дорожной инфраструктуры и создания безопасных условий движения, включая полную цифровизацию системы управления дорожным движением и обеспечение широкого участия населения в работе в этой сфере». При реализации этих

задач важно развивать системы управления дорожным движением, совершенствовать методы обнаружения данных о потоках транспортных средств по видеоизображениям, формировать набор данных для обнаружения транспортных заторов на основе искусственного интеллекта, разрабатывать алгоритмы на основе машинного обучения и глубокого обучения для обнаружения транспортных заторов, разрабатывать алгоритмы и программные средства оптимизации моделей машинного обучения и глубокого обучения для обнаружения транспортных заторов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени послужит реализации задач, обозначенных в Указах Президента Республики Узбекистан «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации» № УП-6079 от 5 октября 2020 года, «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» № УП-60 от 28 января 2022 года, «О мерах по созданию условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта» № ПП-4996 от 17 февраля 2021 года, «Об утверждении Стратегии развития технологий искусственного интеллекта до 2030 года» № ПП-358 от 14 октября 2024 года и других нормативно-правовых документах, связанных с данной деятельностью.²

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в рамках IV приоритетного направления развития науки и технологий Республики – «Развитие информации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Многие ученые, исследователи и эксперты по всему миру проводят исследования по интеллектуальному анализу и обнаружению пробок. Зарубежные ученые, такие как С.F.Daganzo, В.Greenshield, Н.Х.Liu, Cassidy и Нerman провели плодотворные исследования взаимосвязи между скоростью и плотностью транспортного потока и моделирования динамического поведения транспортного потока. Зарубежные ученые, такие как А.Lakshna, Ch.Chaoura, J.Levy, Y.Suning и М.Pereira провели ряд исследовательских работ по обнаружению пробок на основе машинного обучения и методов глубокого обучения искусственного интеллекта с использованием данных о транспортном потоке.

Также в Узбекистане значительный вклад в научные исследования по интеллектуальной обработке данных и экспертному управлению внесли М.М.Камилов, Т.Ф.Бекмуратов, Д.Т.Мухаммадиева, И.И.Джуманов, А.Ахатов, Н.С.Маматов, М.А.Исмаилов, Л.Ф.Сулюкова, О.Ж.Бабомурадов.

В результате системного анализа научных исследований вышеуказанных ученых и исследователей было выявлено, что вопросы формирования набора данных на основе видеоданных для выявления дорожных заторов, а также использования методов машинного и глубокого обучения для поддержки

² «Об утверждении Стратегии развития технологий искусственного интеллекта до 2030 года» № ПП-358 от 14 октября 2024 года.

принятия решений в моделях и алгоритмах выявления дорожных заторов изучены недостаточно.

Связь диссертационного исследования с планами научноисследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках проекта Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова и Самаркандского филиала Ташкентского университета информационных технологий А5-039-«Разработка программных средств построения параллельных алгоритмов интеллектуального анализа данных», включенного в план научных проектов по теме «Анализ и разработка системы мониторинга транспортных заторов на основе видеоданных (искусственный интеллект)», указанный в пункте 143 приложения 7 к постановлению Президента Республики Узбекистан от 6 июля 2022 года №ПП-307 «Об организационных мерах по реализации стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы».

Цель исследования. Целью является разработка подхода, алгоритмов и программного инструмента, помогающего принимать решения о пробках на дорогах.

Задачи исследования:

системный анализ методов, моделей и алгоритмов обнаружения транспортных пробок на основе обучения методов искусственного интеллекта на видеоданных;

разработка механизма и алгоритма приема, подготовки, обработки и контроля видеоданных для обнаружения пробок;

разработка и совершенствование алгоритмов помощи в принятии решений по обнаружению пробок на основе контролируемых и ансамблевых моделей машинного обучения;

разработка алгоритма помощи в принятии решений по обнаружению пробок на основе нейросетевых моделей;

целью является разработка и внедрение программного инструмента для алгоритмов, помогающих принимать решения о дорожных пробках с использованием методов искусственного интеллекта.

Объектом исследования. В качестве объекта исследования рассмотрен процесс принятия решений по выявлению пробок на основе данных видеозаписи транспортного потока.

Предметом исследования определены модели YOLO для получения данных о потоках транспортных средств на основе видеоизображений, методы сортировки и нормализации для подготовки наборов данных, ансамблевые методы машинного обучения для обнаружения пробок, а также модели и алгоритмы нейронных сетей глубокого обучения.

Методы исследования. В исследовании использовались методы математического моделирования, масштабирования и нормализации, ансамблевые методы машинного обучения, статистический анализ, нейронные сети и технологии программирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

был разработан алгоритм управления подготовкой данных, полученных из видеоизображений, на основе методов нормализации и стандартизации с учётом выделения основных признаков с использованием коэффициентов корреляции, с целью содействия принятию решений по выявлению автомобильных пробок;

были разработаны алгоритмы, основанные на моделях машинного обучения Gradient Boosting и XGBoost, для управления нелинейно связанными данными с целью содействия принятию решений по выявлению автомобильных пробок;

был разработан алгоритм определения уровней автомобильных пробок на основе многослойной нейронной сети с учётом сложных взаимосвязей, возникающих при принятии решений по выявлению пробок.

был разработан алгоритм усовершенствования ансамблевых моделей машинного обучения и моделей многослойных нейронных сетей на основе оптимизации байеса с целью повышения точности поддержки принятия решений по выявлению автомобильных пробок.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано алгоритмическое обеспечение обработки и подготовки исходных данных для помощи в принятии решений по обнаружению пробок;

разработано алгоритмическое обеспечение эффективных ансамблевых моделей машинного обучения для помощи в принятии решений по обнаружению пробок;

разработано алгоритмическое обеспечение многослойных нейросетевых моделей для помощи в принятии решений по обнаружению пробок;

созданы программные модули ансамблевых и нейросетевых алгоритмов машинного обучения для помощи в принятии решений по обнаружению пробок.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается математически точной постановкой задачи, разработкой программного инструментария для принятия решений на основе моделей YOLO для получения данных о транспортных потоках, машинного обучения, контролируемых и ансамблевых моделей машинного обучения, многослойных нейронных сетей для обнаружения транспортных заторов, а также положительными результатами экспериментальных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные математические модели, методы и алгоритмы вычислений используются для оптимизации системы поддержки принятия решений по обнаружению дорожных заторов на основе контролируемых и ансамблевых алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные методы и алгоритмы помогают в сборе и подготовке данных о транспортных потоках, принятии решений по обнаружению

дорожных заторов, а также в повышении точности и временной эффективности заблаговременного обнаружения дорожных заторов.

Внедрение результатов исследований. На основе научных результатов, полученных в рамках диссертационного исследования по разработке интеллектуальных алгоритмов поддержки принятия решений об автомобильных пробках:

с учётом выделения основных признаков с использованием коэффициентов корреляции для содействия принятию решений по выявлению автомобильных заторов, был разработан алгоритм управления подготовкой данных, полученных из видеозаписей, на основе методов нормализации и стандартизации. Также была создана программная система алгоритмов, основанных на моделях машинного обучения Gradient Boosting и XGBoost, предназначенная для управления нелинейно связанных данных с целью содействия принятию решений по выявлению автомобильных заторов. Эта система внедрена в систему обеспечения безопасности дорожного движения ГУВД города Каттакурган Самаркандской области (согласно справке № 20-32/158 Самаркандского областного территориального управления Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан от 31 октября 2024 года). В результате точность модели по показателю Accuracy увеличилась с 0.88 до 0.95, а эффективность выявления заторов повысилась на 11–14%;

с учётом сложных взаимосвязей при принятии решений по выявлению автомобильных заторов был разработан алгоритм определения уровней заторов на основе многослойной нейронной сети. Для повышения точности содействия в принятии решений по определению заторов был усовершенствован алгоритм ансамблевых и многослойных нейронных сетей машинного обучения на основе байесовской оптимизации. Программная система данного алгоритма внедрена в системы обеспечения безопасности дорожного движения ГУВД Окдарьинского района Самаркандской области (согласно справке № 20-32/158 Самаркандского областного территориального управления Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан от 31 октября 2024 года). В результате точность модели по показателю Accuracy увеличилась с 0.88 до 0.90, а эффективность выявления заторов — на 11–13%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований обсуждались на 10 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 22 научных труда, в том числе 5 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, 1 в зарубежных и 4 в республиканских журналах, а также получено 2 свидетельства на программные продукты Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 105 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении установлены актуальность и необходимость темы диссертации, указано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники республики. Определены цели и задачи исследования, определены объект и предмет исследования. На основании этого обоснована достоверность полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость, состояние внедрения результатов исследования в практику, приведены сведения об опубликованных работах и структура диссертации.

Первая глава диссертации «Системный анализ проблемы поддержки принятия решений при обнаружении транспортных заторов» состоит из трех параграфов, в которых дается системный анализ проблемы поддержки принятия решений при обнаружении транспортных заторов, анализируется уровень изученности и обосновывается актуальность проблемы. Математическая формулировка задачи поддержки принятия решений при обнаружении транспортных заторов выражается следующим образом. В этом случае вектор признаков для i -го элемента данных в наборе данных о потоке транспортных средств определяется по следующей формуле (1):

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}, Y_i), Y_i \in (y_1, y_2, y_3, y_4) \quad (1)$$

Здесь x_{im} описывает m -й признак i -данных, Y_i — целевая переменная i -данных, то есть результат классификации, представляющий один из 4 признаков. Модели классификации машинного и глубокого обучения используются для прогнозирования пробок. Модель управления для решения задачи выражается следующей формулой (2).

$$\begin{aligned} \tilde{Y}_i &= f(X_i, u_i, \theta), Y_0 = Y(X_0), u_i = u(t_i) \\ L &= L(Y, \tilde{Y}) \rightarrow \min \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь \tilde{Y}_i -результат прогнозирования для i -данных, т. е. ситуации с пробками, f -функция классификации, X_i - вектор признаков i -данных, а θ — выбранный параметр модели, u_i — внешний параметр управления для i -данных. При подготовке модели обнаружения пробок разница между n X_i данными \tilde{Y}_i и Y_i минимизируется параметром θ с учетом управления u_i . Этот процесс выполняется путем минимизации функции потерь $L(Y, \tilde{Y})$, которая выражается формулой:

$$L(Y, \tilde{Y}) = \min_{\theta} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L(Y_i, \tilde{Y}_i) \quad (3)$$

Параметр модели находится с помощью θ методов оптимизации. Схема управления задачей принятия решения по обнаружению пробок представлена на рисунке 1.

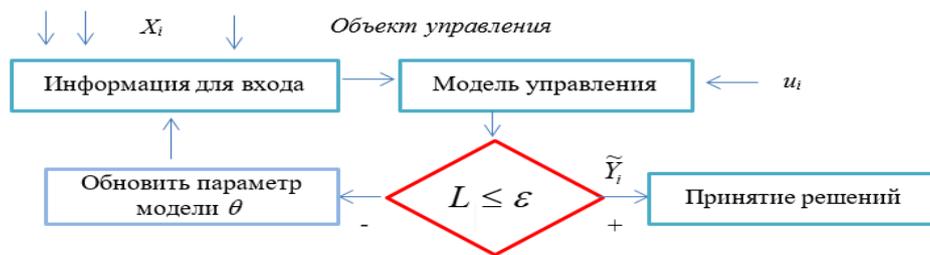


Рисунок 1. Схема управления для помощи в принятии решений при обнаружении дорожных заторов.

Согласно разработанной выше схеме управления на рис. 1, изначально получают и подготавливаются данные. На следующем этапе запускается модель управления на основе формулы (2), вычисляется функция потерь и сравнивается с порогом эpsilon. Если условие выполняется, принимается решение, в противном случае запускается обратная связь, обновляются параметры модели, и модель переобучается.

Вторая глава диссертации «**Методы и алгоритмы обнаружения пробок и обработки данных**» состоит из четырех параграфов, в которых изучаются модели, методы и подходы для анализа пробок, а также представлены уровни обнаружения пробок по потоку и скорости. Для контроля за пробками обычно широко используются макроскопические и микроскопические модели. Микроскопические модели используются для изучения движения отдельных транспортных средств, в то время как макроскопические модели используются для изучения потока транспортных средств. Уровень пробок зависит от количества транспортных средств на дороге, их скорости и длины потока транспортных средств. Обычно загруженность дорог делится на 4 уровня: низкий, нормальный, высокий и сильный. При максимальной пропускной способности дороги 1000 авт./час количество авт./час составляет 200 авт./час или менее, низкая, нормальная, 200-500 авт./час, высокая, 500-800 авт./час, тяжелая, 800 авт./час. Оценка загруженности дороги определяется по следующим критериям. 0-2 балла (зеленый, низкая) - скорость 60-40 км/ч, 3-4 балла (желтый, нормальная) - скорость 30-40 км/ч, 5-6 баллов (красный, высокая) - скорость 10-20 км/ч, 7-10 баллов (темно-красный, тяжелая) - скорость 10 км/ч и ниже. В результате анализа методов распознавания объектов FasterR-CNN, SSD, YOLO для исследования был выбран YOLO. В данном исследовании были разработаны алгоритмы для получения данных с видеоизображений через YOLO и обнаружения пробок на дорогах на основе моделей машинного обучения и глубокого обучения. Такие данные, как количество автомобилей, скорость автомобилей, направления движения, дорожно-транспортные происшествия, погодные условия, плотность автомобилей, время, получены из видеоизображений. Разработан алгоритм обработки и подготовки данных для выявления пробок, который реализуется в следующих шагах.

Шаг 1. Получение данных $D = \{(x_i, y_i)\} (i = 1, 2, \dots, n)$;

Шаг 2. Выбор ключевых расчетных признаков посредством корреляционного анализа;

Шаг 3. Очистка данных. Определение дубликатов записей и сохранение одной из них. Исправление или преобразование ошибочных значений в стандартный формат. Заполнение значений NaN (не число) средним значением.

$$D(x_i, x_j) = \begin{cases} 1 & \text{ага } x_i = x_j \\ 0 & \text{ага } x_i \neq x_j \end{cases}$$

Шаг 4. Нормализация данных о трафике. Преобразование значений в диапазон [0,1];

$$x_{yangi} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

Шаг 5. Кодирование данных о трафике. При этом категориальные признаки преобразуются в числовую форму. Текстовые данные в столбцах *Время*, *День*, *Погода* и *Трафик в наборе* данных заменяются числовыми данными.

Шаг 6. Разделение данных. При этом они делятся на $X_{o'quv} = \{x_1, x_2, \dots, x_{N_{o'quv}}\}$ обучающих наборов и $X_{test} = \{x_1, x_2, \dots, x_{N_{test}}\}$ тестовых наборов.

Третья глава диссертации «**Алгоритмы машинного обучения и нейронных сетей для помощи в принятии решений при обнаружении пробок**» состоит из четырех параграфов и рассматривает создание алгоритмов машинного обучения для обнаружения дорожных пробок на основе логистической регрессии, дерева решений, K-NN, классификатора байеса и алгоритмов машинного обучения на основе градиентного усиления, ансамблей XGBoost и многослойных нейронных сетей.

В результате анализа методов машинного обучения, таких как бустинг, бэггинг, смешивание, стекинг и голосование, были разработаны алгоритмы на основе ансамблей бустинга и нейронных сетей для улучшения экспериментальных результатов. Метод ансамбля бустинга повышает общую точность модели за счет объединения нескольких слабых методов в одну модель, и он записывается в виде формулы:

$$H(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i h_i(x), \quad (4)$$

где $H(x)$ - окончательное усиленное предсказание, n - количество слабых моделей, $h_i(x)$ - предсказание i -й слабой модели, а α_i - вес, присвоенный i -слабой модели.

Разработан алгоритм на основе градиентного усиления для обнаружения пробок, состоящий из следующих шагов.

Шаг 1. Генерация $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ входящих и $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ исходящих данных о классах трафика;

Шаг 2. Расчет значения каждого шага градиентного усиления итеративно по следующей формуле:

$$F_M(x) = \sum_{m=1}^M h_m(x), \quad (5)$$

где M - количество деревьев (количество итераций модели), $h_m(x)$ - выход m -дерева, $F_M(x)$ - итоговая модель. В этом случае каждое из $h_m(x)$ деревьев обучается для минимизации ошибок предыдущих $h_{m-1}(x)$ деревьев.

Шаг 3. Расчет функции потерь $L(y, \tilde{y})$ по формуле

$$L(y, \tilde{y}) = -\sum_{k=1}^K y_k \cdot \log(p_k(x)), \quad (6)$$

где $K = 4$ - количество классов, $p_k(x)$ - вероятность, предсказанная моделью, которая выражается формулой

$$p_k(x) = \frac{e^{(F_k(x))}}{\sum_{j=1}^K e^{F_j(x)}} \quad (7)$$

где $F_k(x)$ - исходящее значение для k -класса.

Шаг 4. Расчет итерационного процесса градиентного бустинга;

Шаг 4.1. Расчет начальной модели для функции потерь, используя выражение

$$F_0(x) = \arg \min_{\rho} \sum_{i=1}^n L(y_i, \rho), \quad (8)$$

где ρ - начальное значение.

Шаг 4.2. Рассчитайте градиент на каждой итерации m , используя формулу

$$r_{i,k}^{(m)} = -\left[\frac{\partial L(y_i, F(x_i))}{\partial F_k(x_i)} \right]_{F(x)=F_{m-1}(x)} \quad (9)$$

где $r_{i,k}^{(m)}$ - градиент для i -выборки в k -классе, $F_{m-1}(x)$ - модель, обученная на предыдущей итерации. Градиент для функции потерь вычисляется следующим образом:

$$r_{i,k}^{(m)} = y_{i,k} - p_k(x_i)$$

Шаг 4.3. Обучение дерева. Строится дерево для минимизации градиентов для обучения нового дерева $h_m(x)$:

$$h_m(x) = \arg \min_h \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K (r_{i,k}^{(m)} - h_k(x_i))^2$$

Шаг 4.4. Обновление модели. Модель обновляется следующим образом:

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + \nu \cdot h_m(x),$$

где ν - скорость обучения.

Шаг 5. Прогнозирование. Используя последние $F_M(x)$, прогнозируется ситуация с пробками.

Алгоритм, основанный на методе градиентного бустинга для поддержки принятия решений о пробках, достиг точности 0,95.

В качестве набора данных для ансамблевого метода XGBoost по определению автомобильных пробок принят $D = \{(x_i, y_i)\} (i = 1, 2, \dots, n)$, и в

рассматриваемой модели с использованием k деревьев результат модели \hat{y}_i определяется по следующей формуле (10):

$$\hat{y}_i = \sum_{k=1}^K f_k(x_i), \quad f_k \in F \quad (10)$$

где F — пространство гипотез, $f(x)$ — дерево классификации и выражается формулой (11):

$$F = \left\{ f(x) = \omega_{q(x)} \right\} \quad (11)$$

где $\omega_{q(x)}$ - весовая оценка для каждого листового узла дерева классификации, а $q(x)$ - количество листовых узлов. Когда разрабатывается новое дерево, которое соответствует остаточным ошибкам последнего дерева, прогнозируемое значение для t -дерева вычисляется по формуле

$$\hat{y}_i^t = \hat{y}_i^{t-1} + f_t(x). \quad (12)$$

Целевая функция вычисляется по формуле

$$J^{(t)} = \sum_{i=1}^n L(y_i, \hat{y}_i) + \Omega(f_t), \quad (13)$$

где L - функция потерь, Ω - функция штрафа для снижения сложности модели, и она выражается формулой

$$\Omega(f) = \gamma T + \frac{1}{2} \lambda \sum_{j=1}^T \omega_j^2, \quad (14)$$

где γ - сложность обучающего значения, T - количество листьев, λ - сумма штрафа, а ω - вектор показателей весовых оценок на каждом листе.

Разработан алгоритм обнаружения пробок на основе ансамблевого метода XGBoost, представленный на рисунке 2 ниже.

Результаты разработанного алгоритма представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Результаты алгоритма на основе ансамблевого метода XGBoost для обнаружения пробок.

Алгоритм машинного обучения	Индикаторы оценки алгоритма	
	Accuracy	F1 Score
Алгоритм на основе XGBoost	0,95	0,94

Разработан алгоритм принятия решений на основе многослойной нейронной сети для обнаружения транспортных заторов, который реализуется следующими шагами.

Шаг 1. Пусть набор данных, полученный в результате алгоритма A1, принимается;

Шаг 2. Если $i \leq N$, то выполняется шаг 3, иначе выполняется шаг 9;

Шаг 3. Вычисление $X^{(2)}$ нейрона начального скрытого слоя с 1 по 10 цикл; $X^{(2)}$ вычисляется по формуле

$$X^{(2)} = f_1(W^{(2)} \times X^{(1)} + B^{(2)}) \quad (15)$$

Значение $X^{(2)}$ активируется Relu.

Шаг 4. В нейронах следующего слоя вычисляется $Y = (y_1 \dots y_n)$ значений. Значения $Y = (y_1 \dots y_n)$ выражаются по (16).

$$Y = f_2(W^{(3)} \times X^{(2)} + B^{(3)}) \quad (16)$$

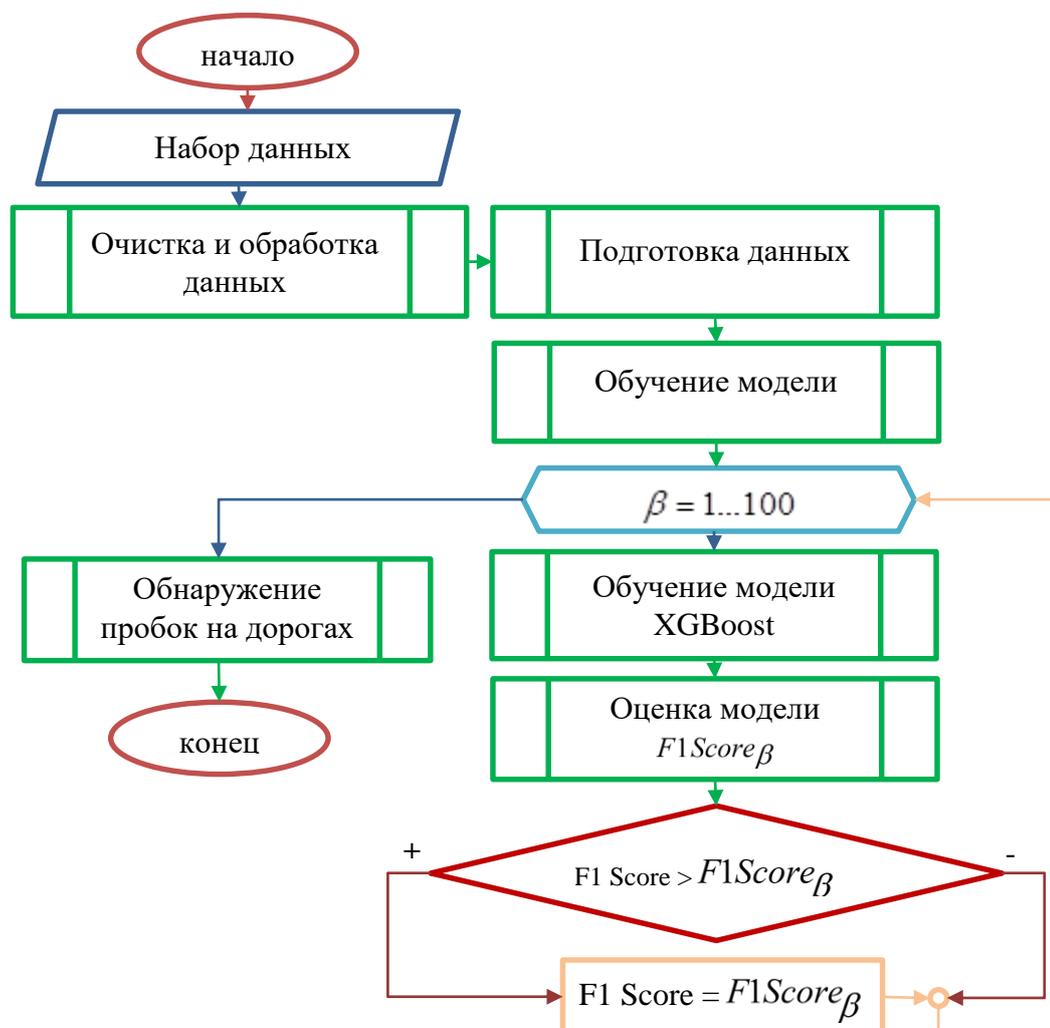


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма на основе ансамблевого метода XGBoost для обнаружения пробок.

Шаг 5. Вычисление $i=i+1$;

Шаг 6. Если $i > n$, алгоритм переходит к шагу 7; иначе переходит к шагу 2;

Шаг 7. Расчет функции потерь выражается формулой (17);

$$L = \sum_{k=1}^m y_k \log\left(\frac{y_k}{\hat{y}_k}\right) \quad (17)$$

Шаг 8. Возврат и настройка коэффициентов. Градиенты коэффициентов многослойной нейронной сети равны $\theta \leftarrow \theta - \alpha \frac{\partial L}{\partial \theta}$, где α - скорость обучения, которая определяет величину дрейфа во время настройки.

Шаг 9. Конец.

В таблице 3 приведены результаты работы многослойного нейросетевого алгоритма для поддержки принятия решений по обнаружению заторов в автомобильных трафиках.

Таблица 3.

Результаты работы многослойного нейросетевого алгоритма для поддержки принятия решений по обнаружению пробок

Алгоритм машинного обучения	Гиперпараметры	Метрики оценки алгоритма	
		Accuracy	F1 Score
Многослойный перцептрон	epochs = 100 batch_size = 32 loss ='categorical_crossentropy' $h^{(1)} = 64$ $h^{(2)} = 32$ activation='relu' activation='softmax'	0,89	0,88

Разработанные ансамблевые и многослойные нейросетевые алгоритмы поддержки принятия решений для обнаружения пробок позволили обнаружить пробки на дорогах.

Четвертая глава диссертации «Совершенствование алгоритмов поддержки принятия решений для обнаружения пробок и разработка программного средства» состоит из трех параграфов, в которых разработан метод улучшения определения наилучших гиперпараметров XGBoost и многослойных нейросетевых моделей посредством байесовской оптимизации. Представлены программное средство поддержки принятия решений для обнаружения пробок и результаты его экспериментального тестирования. Для определения наилучших гиперпараметров XGBoost и многослойных нейросетевых моделей посредством байесовской оптимизации в качестве целевой функции выбрана функция потерь. Поскольку найдены гиперпараметры с минимальным значением функции потерь, она выражается формулой

$$f(X) = \min(L(y, \tilde{y})) \quad (18)$$

Здесь $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ - вектор гиперпараметров, n - количество гиперпараметров, а L - функция потерь. Параметры модели машинного обучения XGBoost выражаются следующим образом. Берутся такие гиперпараметры, как x_1 - скорость обучения, x_2 - длина деревьев XGBoost, x_3 - количество деревьев решений в модели, x_4 - количество случайных выборок и x_5 - параметр для выбора атрибутов. После построения модели XGBoost гиперпараметры полностью обновляются при обучении данных одного периода, и байесовская вероятность выбора лучших гиперпараметров определяется в обновлении и выражается с помощью формулы

$$P(z|r) = \frac{P(r|z) \cdot P(z)}{P(r)}. \quad (19)$$

Здесь $P(z|r)$ - вероятность значения z , т. е. аргументов L , для минимального убытка L , $P(z)$ - заданная вероятность значения z , $P(r|z)$ - вероятность появления значения z (аргументов L) при заданном результате (L), $P(r)$ - заданная вероятность результата r .

Алгоритм определения наилучших гиперпараметров модели машинного обучения XGBoost для обнаружения пробок с использованием байесовской оптимизации выполняется в следующих шагах.

Шаг 1. Пусть набор данных, полученный в результате алгоритма A1, принимается;

Шаг 2. Обучение модели и формирование начальных гиперпараметров.

Шаг 3. Обучение модели.

Шаг 4. Расчет функции потерь L .

Шаг 5. Оценка модели.

Шаг 6. Определение целевой функции байесовской оптимизации через функцию потерь L .

Шаг 7. Расчет вероятности P через результат функции потерь L и значение аргумента.

Шаг 8. Если $L < E$, то вывести гиперпараметры, иначе перейти к шагу 3.

Шаг 9. Ввод новых прогностических значений.

Шаг 10. Расчет результатов прогнозирования в модели с наилучшими гиперпараметрами.

Шаг 11. Конец.

Результаты работы разработанного алгоритма представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Результаты алгоритма определения наилучших гиперпараметров модели машинного обучения XGBoost для обнаружения пробок с использованием байесовской оптимизации.

Алгоритм машинного обучения	Гиперпараметры	Метрики оценки алгоритма	
		Accuracy	F1 Score
XGBoost+Байесовский алгоритм оптимизации	colsample_bytree=0,88	0,96	0,95
	learning_rate=0,02		
	max_depth=9		
	Subsample=0,96		
	n_estimators=220		

Алгоритм определения наилучших гиперпараметров многослойной модели нейронной сети для обнаружения пробок с использованием байесовской оптимизации выполняется в следующих шагах.

Шаг 1. Пусть набор данных, полученный в результате алгоритма A1, принимается;

Шаг 2. Если $i \leq N$, то выполняется шаг 3, иначе выполняется шаг 9;

Шаг 3. Вычисление $X^{(2)} = f_1(W^{(2)} \times X^{(1)} + B^{(2)})$ нейрона начального скрытого слоя через циклы от 1 до 10;

Шаг 4. Вычисление $Y = f_2(W^{(3)} \times X^{(2)} + B^{(3)})$ нейрона следующего слоя;

Шаг 5. Вычисление $i = i + 1$;

Шаг 6. Если $i > n$, алгоритм переходит к шагу 7; в противном случае переходит к шагу 2;

Шаг 7. Вычисление функции потерь $L = \sum_{k=1}^m y_k \log\left(\frac{y_k}{\hat{y}_k}\right)$;

Шаг 8. Вычисление вероятности $P(a|b) = \frac{P(b|a) \cdot P(a)}{P(b)}$ из результата

функции потерь L и значения аргумента;

Шаг 9. Если $L < E$, то вывести гиперпараметры;

В противном случае перейти к шагу 2;

Шаг 10. Ввод новых предиктивных значений;

Шаг 11. Расчет результатов предсказания лучших гиперпараметров в модели;

Шаг 12. Конец.

Результаты работы разработанного алгоритма представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Результаты работы алгоритма определения лучших гиперпараметров многослойной нейросетевой модели для обнаружения пробок с использованием байесовской оптимизации.

Алгоритм машинного обучения	Гиперпараметры	Метрики оценки алгоритма	
		Accuracy	F1 Score
Многослойная нейронная сеть + алгоритм байесовой оптимизации	epochs = 100	0,90	0,89
	batch_size = 24		
	loss = 'categorical_crossentropy'		
	$h^{(1)} = 76$		
	$h^{(2)} = 112$		
	activation = 'relu'		

	activation='softmax'		
--	----------------------	--	--

Используя разработанные выше модели и алгоритмы, разработан программный инструмент, помогающий принимать решения о загруженности дорог, который реализован по схеме, показанной на рисунке 3.



Рисунок 3. Общая схема программного средства помощи в принятии решений по дорожным заторам.

Программное средство поддержки принятия решений по дорожным заторам внедрено в системы безопасности дорожного движения Каттакурганского городского управления внутренних дел Самаркандской области и системы безопасности дорожного движения Акдарьинского районного управления внутренних дел Самаркандской области. В результате удалось повысить точность модели с 0,88 до 0,95, а эффективность обнаружения дорожных заторов на 11-14%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Системно проанализированы существующие методы и подходы к проблеме обнаружения и анализа транспортных заторов, уровень изученности

проблемы исследования. В результате определена актуальность подготовки набора данных на основе использования технологий YOLO, разработки алгоритмов искусственного интеллекта с использованием подготовленного набора данных и разработки методов оптимизации разработанных алгоритмов.

2. Поставлена задача упрощения принятия решений при обнаружении транспортных заторов. В связи с этим разработаны этапы решения задачи обнаружения транспортных заторов, функциональные схемы, модель управления и схема управления.

3. Исследованы уровни обнаружения транспортных заторов по потоку и скорости и методы получения данных о транспортных потоках для интеллектуализации обнаружения транспортных заторов. В результате предложен метод получения данных о транспортных потоках на основе технологии YOLO для обнаружения объектов на основе видеоизображений.

4. Исследованы методы подготовки данных для интеллектуализации обнаружения транспортных заторов. В результате исследования разработан алгоритм подготовки данных.

5. Проведены исследования методов машинного обучения Logistic Regression, Decision Tree, K-NN, Bayesian classifier для интеллектуального анализа пробок. В результате разработаны алгоритмы на основе методов машинного обучения Logistic Regression, Decision Tree, K-NN, Bayesian classifier и получены экспериментальные результаты.

6. Изучены методы машинного обучения Boosting, Bagging, Blending, Stacking, voteing ensemble. В результате разработаны алгоритмы на основе Gradient Boosting и XGBoost ensemble machine learning для обнаружения пробок и получены экспериментальные результаты.

7. Проведены исследования многослойной модели нейронной сети. В результате разработан алгоритм на основе многослойной нейронной сети для помощи в принятии решений для обнаружения пробок.

8. Разработан метод улучшения моделей XGBoost и многослойной нейронной сети и алгоритмов для помощи в принятии решений о пробках с помощью байесовской оптимизации. В данном случае разработаны алгоритмы определения наилучших гиперпараметров XGBoost и многослойных нейросетевых моделей посредством байесовской оптимизации и получены экспериментальные результаты. По результатам экспериментов точность модели составила 96%, а F1-Score 95%.

9. Разработана система обнаружения пробок на основе алгоритмов помощи в принятии решений о пробках. В результате систематизированы программные модули и функциональные возможности системы.

10. Внедрены алгоритмы помощи в принятии решений о пробках в системы обеспечения безопасности дорожного движения ОВД города Каттакурган Самаркандской области и ОВД района Акдарья Самаркандской области, получены экспериментальные результаты. В результате внедрения удалось минимизировать время и повысить точность обнаружения пробок.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
PhD.03/29.12.2023.T.02.12 AT SAMARKAND STATE UNIVERSITY
NAMED AFTER SHAROF RASHIDOV**

**SAMARKAND STATE UNIVERSITY
NAMED AFTER SHAROF RASHIDOV**

ESHTEMIROV BUNYOD SHERALI O'G'LI

**DECISION SUPPORT ALGORITHMS FOR TRAFFIC JAM
DETECTION**

05.01.02– System analysis, management, and information processing

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

Samarkand – 2025

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission of the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2024.4.PhD/T5066

The dissertation has been prepared at Samarkand state university named after Sharof Rashidov.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.samdu.uz) and on the website of “Ziyonet” Information and Educational portal (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:

Akhatov Akmal Rustamovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Leading organization:

The defense will take place “___” _____ 2025 at _____ at the meeting of scientific council PhD.03/29.12.2023.T.02.12 at Samarkand State University (Address: 140104, Samarkand, University street, 15, Tel.: (99866) 239-11-40. Fax: (99866) 239-11-40. E-mail: devonxona@samdu.uz)

The dissertation is available at the Information Resource Center of Samarkand State University (is registered under ___). (Address: 140104, Samarkand, University street, 15, Tel.: (99866) 239-11-40. Fax: (99866) 239-11-40.)

Abstract of dissertation sent out on «___» _____ 2025 y.
(mailing report № _____, on «___» _____ 2025 y.).

U.R.Khamdamov

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

F.M.Nazarov

Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences,
docent

Kh.A.Primova

Chairman of the Academic seminar
under the scientific council awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences

INTRODUCTION (abstract of (PhD) dissertation)

The aim of the research work is to develop an approach, algorithms, and software tool to assist in making decisions about traffic congestion.

The object of the research work is analyze the process of facilitating decision-making in traffic jam detection based on video traffic flow data.

The scientific novelty of the research is as follows:

to assist in making decisions about traffic jams, a control algorithm for preparing data from video images based on normalization and standardization methods was developed, taking into account the separation of key features using correlation indicators;

to assist in making decisions about traffic jams, machine learning algorithms based on Gradient boosting and XGBoost models were developed to manage nonlinearly related data;

taking into account the complex relationships in making decisions about traffic jams, an algorithm for determining traffic jam levels based on a multilayer neural network was developed;

to increase the accuracy of making decisions about traffic jams, an algorithm for improving ensemble and multilayer neural network models of machine learning was developed based on Bayesian optimization.

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained in the framework of the dissertation research on the development of intelligent algorithms for assisting in making decisions on traffic jams:

a control algorithm for preparing data from video images based on normalization and standardization methods, taking into account the separation of key features using correlation indicators to assist in making decisions about traffic jams, and a software tool for machine learning algorithms based on Gradient boosting and XGBoost models to manage nonlinear data to assist in making decisions about traffic jams have been implemented in the Traffic Safety System of the Kattakurgan City Internal Affairs Department of the Samarkand Region (Reference No. 20-32/158 of the Samarkand Regional Territorial Department of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan dated October 31, 2024). As a result, the model accuracy increased from 0.88 to 0.95 in terms of Accuracy, and the efficiency of traffic jam detection increased by 11-14%;

taking into account the complex relationships in making decisions about traffic jams, an algorithm for determining traffic jam levels based on a multilayer neural network was developed, and in order to increase the accuracy of making decisions about traffic jams, a software tool for improving ensemble and multilayer neural network models of machine learning based on Bayesian optimization was implemented in the traffic safety systems of the Akdaryo district of the Samarkand region (Reference No. 20-32/158 of the Samarkand regional territorial department of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan dated October 31, 2024). As a result, the model accuracy increased from 0.88 to 0.90 in terms of Accuracy, allowing for an increase in traffic jam detection by 11-13%.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The volume of the dissertation is 105 pages.

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

I bo'lim (I часть; Part I)

1. Axatov A.R., Eshtemirov B.Sh., Nazarov F.M. Methods of determining and analyzing the traffic index on city roads // “Проблемы информатики” Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН, DOI: 10.24412/2073-0667-2025-1-5-17. – EDN: XFUXBA, Российская Федерация, 2025. №1 с.5-17. (05.00.00, №67).

2. Axatov A.R., Eshtemirov B.Sh., Nazarov F.M. Detection and analysis of traffic jams using computer vision technologies // Book Chapter on Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and Security (ICABCS-2023). India. 2023 yil, 761–766 bet. ((3) Scopus)

3. Nazarov F.M., Eshtemirov B.Sh., Yarmatov Sh.Sh. Algorithms to increase data reliability in video transcription // 2022 IEEE 16th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT) | 978-1-6654-5162-8/22, ©2022 IEEE | DOI: 10.1109/AICT55583.2022.10013558, 2022 yil. ((3) Scopus)

4. Axatov A.R., Eshtemirov B.Sh. Video ma'lumotlar asosida yo'llarda tirbandlik holatlarini aniqlashning intellektual algoritmlari // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” Muhammad al-xorazmiy nomidagi TATUning ilmiy-texnika va axborot tahliliy jurnali (OAK), ISSN-2181-9211, 2024-yil, №3(29), 35-39 bet. (05.00.00, №10).

5. Axatov A.R., Eshtemirov B.Sh. Mashinaviy o'qitish asosida yo'llardagi avtomobil tirbandlik holatlarini aniqlash uchun dastlabki ma'lumotlarni tayyorlash usullari // “Al-Farg'oniy avlodlari” ilmiy jurnali, Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali, 2024-yil, №3 1 (7), 48-56 bet, (2023-yil 30-sentabrdagi 343-son OAK qarori).

6. Axatov A.R., Eshtemirov B.Sh. Mashinaviy o'qitish asosida yo'llardagi tirbandlik holatlarini tahlil qilishning intellektual algoritmlari // “Raqqamli transformatsiya va sun'iy intellekt” ilmiy jurnali, 2024-yil, Volume 2, Issue 3, 101-110 bet, (2023-yil 4-iyuldagi 340/5-son OAK qarori).

7. Nazarov F.M., Eshtemirov B.Sh., Saydullayev Q.Sh. Microscopic and macroscopic flow models of traffic management // Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti Ilmiy axborotnomasi, 2023-yil, 1-son (137/2), 51-58 bet. (283/7.1-son OAK qarori).

II bo'lim (II часть; Part II)

8. Nazarov F.M., Eshtemirov B.Sh., Khamidov M. Deep learning-based traffic congestion forecasting research // International Conference On Artificial Intelligence And Information Technologies (ICAИТ-2023). India. 2023-yil.

9. Axatov A.R., Eshtemirov B.Sh. Методы получения дорожной информации при определении пробок // “Ta'limda innovatsion g'oyalarni

rivojlantirish asosida Ilm -fan yutuqlarini joriy etish tendensiyalari ” mavzusidagi Xalqaro-ilmiy va amaliy konferensiya, Samarqand davlat universiteti Urgut filiali, 2024y, 10-11 oktyabr, 370-373 bet.

10. Nazarov F.M., Eshtemirov B.Sh., Yarmatov Sh.Sh. Technologies for identifying vehicles standing at traffic lights based on video data // Central asian journal of mathematical theory and computer sciences, Volume: 03 Issue: 12 | ISSN: 2660-5309, 2022 yil, 52-59 bet.

11. Nazarov F.M., Eshtemirov B.Sh., Yarmatov Sh.Sh. Video data processing methodology for investigation // Vital Annex: International journal of novel research in advanced sciences (IJNRAS), Volume: 01 Issue: 06 | ISSN: 2751-756X, 2022 yil, 78-87 bet.

12. Axatov A.R., Eshtemirov B.Sh. Transport harakatini boshqarish usullari // Sun'iy intellekt va raqamli ta'lim texnologiyalari: amaliyot, tajriba, muammo va istiqbollari mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'plami. Samarqand davlat univerteti, 2024y, 3-4-iyun, 86-90 bet.

13. Axatov A.R, Eshtemirov B.Sh. Intelligent algorithms to identify congestion in traffic utilizing video data // Raqamli transformatsiya va sun'iy intellekt: muammolar, innovatsiyalar va tendensiyalar xalqaro ilmiy-texnika konferensiya materiallari. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, 2024-yil, 11-sentyabr, 77-78 bet.

14. Eshtemirov B.Sh. Determination of vehicle traffic situations on roads using machine learning // “Inson kapitali va texnologik innovatsiyalarni rivojlantirish, iqlim muammolari yechimi xamda resurslar samaradorligi orqali uzoq muddatli barqaror iqtisodiy o'sishga erishish” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman, Farg'ona politexnika instituti, 2024-yil, 27-28- sentyabr, 181-186 bet.

15. Eshtemirov B.Sh. Evaluation of vehicle traffic situations on roads using data collected from video images using machine learning algorithms // “Amaliy matematika va axborot texnologiyalarning dolzarb muammolari – Al-Xorazmiy 2024” mavzusidagi IX xalqaro ilmiy konferensiya, Mirzo Ulug'bek nomli O'zbekiston Milliy universiteti, 2024 yil, 21–23 oktyabr, 29-31 bet.

16. Eshtemirov B.Sh. Yo'llardagi tirbandlik holatlarini aniqlash va transport harakati ma'lumotlarini qabul qilish usullari // Современное состояние и перспективы развития цифровых технологий и искусственного интеллекта. Buxoro davlat universiteti, 2024 yil, 27-28- sentabr, 198-203 bet.

17. Eshtemirov B.Sh. Methods for preparing initial data for determining vehicle traffic situations on roads using machine learning // “Raqamli transformatsiya va sun'iy intellekt: muammolar, innovatsiyalar va tendensiyalar” xalqaro ilmiy-texnika konferensiya materiallari. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, 2024y , 11-sentyabr, 466-468 bet.

18. Axatov A.R., Eshtemirov B.Sh. Mathematical models of traffic estimation and their types // International Scientific Conference: Al-Khwarizmi 2023. Samarqand davlat univerteti. Samarqand davlat univerteti, 2023y, 25-26- sentabr, 39 bet.

19. Axatov A.R., Eshtemirov B.Sh. Sun'iy intellektdan foydalanib yo'llardagi tirbandlilarni baholash bosqichlari va algoritmlari // Amaliy matematikaning zamonaviy muammolari va istiqbollari. Qarshi davlat universiteti, 2024-yil, 24-25-may, 250-253 bet.

20. Eshtemirov B.Sh. Analysis of parameters for determining vehicle traffic situations on roads based on machine learning // "Matematika, fizika va informatika fanlarini o'qitishning dolzarb muammolari" respublika ilmiy-amaliy anjumani. O'zbekiston-Finlandiya pedagogika instituti, 2024-yil, 18-19-oktabr, 369-370 bet.

21. Axatov A.R., Nazarov F.M., Eshtemirov B.Sh., Saydullayev Q. Video tasvirli ma'lumotlar asosida transport vositalarini tanib oluvchi va sanovchi dastur // Intellektual mulk markazi guvohnoma, № DGU 25092, 27.05.2023.

22. Axatov A.R., Nazarov F.M., Eshtemirov B.Sh., Xamidov M. Video tasvirli ma'lumotlarda obyektlarni tanib olishning dasturi // Intellektual mulk markazi guvohnoma, № DGU 44221, 20.11.2024.

Avtoreferat “Sharof Rashidov nomidagi SamDU ilmiy axborotnomasi” ilmiy jurnali tahririyati tahrirdan o‘tkazildi hamda o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.