

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.15/31.08.2022.T.73.05 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

SOATALIYEV RAXIMJON RAXMONJON O'G'LI

**AVTOMOBIL YO'LLARINING TRANSPORT-EKSPLUATATSION
KO'RSATKICHLARI ASOSIDA TA'MIRLASH ISHLARINI
REJALASHTIRISH USULINI TAKOMILLASHTIRISH**

**05.09.02 - "Geotexnika" (Yo'llar, yo'llarni raqamlashtirish va yo'l harakati xavfsizligi.
Yo'l telematikasi yo'nalishlari bo'yicha)**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent-2022 yil

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

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

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Soataliyev Raximjon Raxmonjon o'g'li

Avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari asosida ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usulini takomillashtirish.....3

Soataliyev Raximjon Raxmonjon o'g'li

Совершенствование метода планирования ремонтных работ на основе транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог.....25

Soataliyev Raximjon Raxmonjon o'g'li

Improving the methodology for planning repair work based on the transport and operational indicators of highways.....49

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works.....53

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.15/31.08.2022.T.73.05 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

SOATALIYEV RAXIMJON RAXMONJON O'G'LI

**AVTOMOBIL YO'LLARINING TRANSPORT-EKSPLUATATSION
KO'RSATKICHLARI ASOSIDA TA'MIRLASH ISHLARINI
REJALASHTIRISH USULINI TAKOMILLASHTIRISH**

**05.09.02 - "Geotexnika" (Yo'llar, yo'llarni raqamlashtirish va yo'l harakati
xavfsizligi. Yo'l telematikasi yo'nalishlari bo'yicha)**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent-2022 yil

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.3PhD/T3186 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbar:

Urokov Aslidin Xushvaktovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Kasimov Irkin Umaraliyevich
texnika fanlari doktori, professor

Salixanov Said Salixanovich
texnika fanlari nomzodi

Yetakchi tashkilot:

Jizzax politexnika instituti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.15/31.08.2022.T.73.05 raqamli ilmiy kengashning 2022 yil "___" ___ soat ___ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100167, Toshkent, Odilxojayev ko'chasi 1-uy. Tel./faks: (998-71) 277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat transport universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (___ raqam bilan ro'yhatga olingan). (Manzil: 100167, Toshkent, Odilxojayev ko'chasi 1-uy. Tel./faks: (998-71) 277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Dissertatsiya avtoreferati 2022 yil "___" _____ kuni tarqatilgan.
(2022 yil "___" ___ dagi ___-raqamli reyestr bayonnomasi).

I.S.Sadikov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi o'rinbosari, t.f.d., professor

R.M.Xudayqulov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash kotibi, PhD, professor

I.S.Sadikov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash qoshidagi Ilmiy seminar
raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda avtomobil yo‘llarining transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini baholash va doimiy nazorat qilib borishda zamonaviy, resurs tejankor texnologiyalardan foydalanish hamda ularning qiymatini me‘yoriy talablar darajasida ushlab turish uchun ta‘mirlash ishlarini samarali rejalashtirish va avtomobil yo‘llari tarmog‘ining ehtiyojini hisobga olib optimallashtirishga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda “...transportga bo‘lgan talabning ortib borishi sababli, yirik yo‘l tarmoqlarini shakllantirish 20-asrga xos bo‘lgan bo‘lib, hozirda ushbu mamlakatlarning avtomobil yo‘llarini boshqarish korxonalari asosiy strategik vazifalarni yangi yo‘l infratuzilmalarini loyihalash va qurishdan mavjud yo‘l tarmoqlari holatini yo‘ldan foydalanuvchilar talablariga muvofiq holda ushlab turish uchun ta‘mirlash va saqlash ishlarini samarali rejalashtirishga o‘zgartirishgan”¹. Bu borada, jumladan ta‘mirlash ishlarini rejalashtirish uchun avtomobil yo‘llarining transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini o‘zida jamlagan yagona ma‘lumotlar bazasini yaratish, avtomobil yo‘llarining transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini baholash va ta‘mirlash ishlari ta‘sirida ularning o‘zgarishini modellashtirish orqali rejalashtirilgan ta‘mirlash ishlarining samaradorligini oshirishga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonda avtomobil yo‘llarining xizmat muddatini oshirish, xususan yo‘llarda bajarilishi zarur bo‘lgan ta‘mirlash ishlarini belgilash muddatlarini optimallashtirish, avtomobil yo‘llarini ekspluatatsiya qilish jarayonida transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini doimiy baholab borish hamda ta‘mirlash ishlarini rejalashtirishni takomillashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, jumladan, avtomobil yo‘llari to‘shamasining mustahkamligi, yo‘l qoplamasining ravonligi va tishlashish koeffitsiyenti kabi transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlariga transport oqimi hamda havo-iqlim omillarining ta‘sirini inobatga olib ularning o‘zgarishini nazorat qilish va ta‘mir turi hamda uni belgilash muddatini optimallashtirish, yo‘l holati o‘zgarishi va ta‘mirlash ishlarini rejalashtirish jarayonini modellashtirish bo‘yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda.

Respublikamizda avtomobil yo‘llarining xizmat muddatlarini oshirish va iste‘mol xususiyatlarini yaxshilash, belgilanayotgan ta‘mirlash ishlarining samaradorligini oshirishga yordam beradigan yangi texnologiyalarni ishlab chiqish va ularni amalda qo‘llash bo‘yicha keng ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan “Yo‘l infratuzilmasini takomillashtirish va avtomobil yo‘llari tarmog‘ini jadal rivojlantirish”² bo‘yicha vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, xususan, zamon talablariga javob beradigan avtomobil yo‘llarini qurish va mavjudlarini samarali ekspluatatsiya qilish orqali xizmat muddatlarini oshirish, jumladan yo‘lning transport-ekspluatatsion

¹ <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/31891/applsci-08-01041.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni.

ko'rsatkichlarini o'zida jamlagan ma'lumotlar bazasini yaratish hamda optimallashtirish algoritmlari asosida mavjud byudjet cheklovlari sharoitida belgilangan ta'mirlashni samarali rejalashtirish muhim hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-60 son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi, PF-5890-son "O'zbekiston Respublikasi yo'l xo'jaligi tizimini chuqur isloh qilish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Farmonlari, PQ-4545-son "Yo'l sohasini boshqarish tizimini yanada takomillashtirishga oid chora-tadbirlar to'g'risida"gi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Dissertatsiya ishi bo'yicha tadqiqotlar respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining II "Energetika, energiya va resurs-tejamkorlik, transport va asbobsozlik" ustuvor yo'nalishiga mos keladi.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Avtomobil yo'llarida ta'mirlash ishlarini rejalashtirishni takomillashtirish bo'yicha O'zbekiston va xorijda bir qator ilmiy tadqiqot ishlari amalga oshirilgan. Jumladan xorijda: Hudson W.R., Uddin W., George, K., Shahin, M.Y., LeClerc, R.V, Jeff Zavitski, Ralph Haas, Phillips, S.J., Ferreira A., Knepper, Siegfried, Fwa Tien Fang va Sinha, George, K.P., Kerali, Jain, Nima Kargah-Ostadi, Promotes Saha, Jorge A.P. va boshqa tadqiqotchilar tomonidan, MDH davlatlari va O'zbekistonda Vasilyev A.P., Babkov V.F., Silyanov V.V., Busel A.V., Krasikov O.A., Kosenko I.N., Skvortsov A.V., Poxomov D.M., Sadikov I.S., Azizov Q.X., Urokov A.X., Sadikov J.I., Alimov B.R., Yunusov A.G'., Xalmuxamedov A.S. va boshqalar tomonidan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan.

Ushbu tadqiqotlarda ta'mirlash ishlari tasnifidagi ish turlarining avtomobil yo'lining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishga ta'sirini hisobga olib ta'mirlash ishlarini samarali va istiqbolli rejalashtirish bo'yicha tadqiqotlar yetarli darajada bajarilmagan.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim yoki ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya ishi Toshkent davlat transport universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq IZ-2020052616 "Asfaltbeton ishlab chiqarishda slanesli tog' jinslaridan mineral kukun olish texnologiyasini ishlab chiqish" nomli innovatsion, IL-4821091606 "Ekstremal transport yuklamalar va haroratni qabul qiluvchi asfaltbetonlarning reologik xossalarini "Superpave" tizimida yo'naltirib tartibga solish" nomli fundamental ilmiy tadqiqot loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi avtomobil yo'larining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari asosida ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usulini optimallashtirish algoritmlaridan foydalangan holda takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini baholash va ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usullarini tahlil qilish;

avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini tadqiq qilish;

muddatidan kechiktirilmay rejalashtirilgan ta'mirlash ishlarini avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari o'zgarishiga ta'sirini tadqiq qilish;

avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari o'zgarishiga havo-iqlim omillarining ta'sirini tadqiq qilish;

avtomobil yo'lining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari va optimallashtirish algoritmlaridan foydalangan holda ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usulini takomillashtirish;

takomillashgan usulni qo'llash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish va uning iqtisodiy samaradorligini baholash.

Tadqiqotning obyekti sifatida Toshkent viloyati umumiy foydalanuvdagi avtomobil yo'llari tarmog'i qabul qilingan.

Tadqiqotning predmeti sifatida avtomobil yo'lining transport ekspluatatsion ko'rsatkichlari (yo'l to'shamasining mustahkamligi, qoplama ravonligi, tishlashish sifati va transport oqimining tarkibi) qabul qilingan.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida eksperiment, tizimli va nazariy tahlil, matematik statistika, korrelyatsion-regression tahlil va modellashtirish, optimallashtirish, geofazoviy tahlil usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Xalqaro ravonlik indeksi (IRI) ko'rsatkichi bo'yicha avtomobil yo'li qoplamasining ravonligi va yo'l qoplamasining holatini undagi nuqsonlar asosida baholashga imkon beruvchi yo'l holati indeksi (PCI) ko'rsatkichlarining o'zaro bog'liqlik qonuniyatlari ifodalovchi matematik model ishlab chiqilgan;

qoplama ravonligining lazerli profilometr va smartfon yordamida o'lchashda aniqlangan natijalarini o'lchash tezligiga bog'liq holda o'zgarishini hisobga olib, 50, 60, 70 km/soat tezliklarda turli qurilmalarda olingan natijalar o'rtasidagi bog'liqliklarni ifodalovchi matematik ifodalar ishlab chiqilgan;

avtomobil yo'llarida qisqa va uzoq muddatli ta'mirlash ishlarini rejalashtirish jarayonida muddatidan kechiktirilmay rejalashtirilgan yo'l-ta'mirlash ishlarining avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarining yaxshilanishiga ta'siri asoslangan;

havo-iqlim sharoiti ta'sirida qoplama haroratining ortishi sabab yo'l to'shamasining umumiy mustahkamligining kamayishi isbotlanib, qoplama harorati va yo'l to'shamasining umumiy mustahkamligi o'rtasidagi bog'liqlik qonuniyatlari aniqlangan;

avtomobil yo'lining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari va optimallashtirish algoritmlaridan foydalangan holda ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usuli takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

avtomobil yo'llarining transport ekspluatatsion ko'rsatkichlarini resurs tejankor uslublaridan foydalangan holda aniqlash va avtomobil yo'llarini boshqarish tizimi uchun ma'lumotlar bazasini shakllantirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan;

avtomobil yo'llarining transport ekspluatatsion ko'rsatkichlarini o'zgarishini nazorat qilish va ta'mirlash ishlarini rejalashtirishda geoaxborot tizimlaridan foydalanishning imkoniyatlari Toshkent viloyati yo'l tarmog'i misolida ko'rib chiqilgan;

avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari asosida genetik algoritmlardan foydalanib ta'mirlash ishlarini rejalashtirishning takomillashgan usulidan foydalanishning amaliy ahamiyati va iqtisodiy samaradorligi baholangan;

takomillashgan usulni Respublika yo'l tarmog'ini boshqarishda qo'llash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi izlanishlarning standartlashgan uslub va zamonaviy hamda yuqori aniqlikdagi raqamlashgan o'chov vositalaridan foydalangan holda amalga oshirilganligi, avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini o'lchash va ularni tahlil qilish matematik modellashtirish qoidalari asosida amalga oshirilganligi, nazariy va amaliy tadqiqotlar natijalarining o'zaro o'xshashligi, ta'mirlash ishlarini rejalashtirish modelini qo'llash orqali olingan natijalarning shu kabi modellar natijalari bilan o'zaro mos kelishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati avtomobil yo'llarini transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarining o'zaro bog'liqlik qonuniyatlari o'rganilganligi, turli ta'mirlash ishlarining yo'l holati o'zgarishiga ta'siri o'rganilganligi, transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari va genetik algoritmlardan foydalangan holda ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usuli takomillashtirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati avtomobil yo'llarini ekspluatatsiya qilishda ta'mirlash ishlarini samarali tashkil etish uchun yo'lning transport ekspluatatsion ko'rsatkichlarini o'zida jamlagan ma'lumotlar bazasini tashkil etish, yo'l holati o'zgarishini prognozlash, yo'l tarmog'i bo'yicha ta'mirlash ishlarini umumiy yo'l tarmog'i holatini yaxshilashni ko'zda tutgan holda optimallashtirish va bu orqali yo'l tarmog'i holatini me'yor darajasida bo'lishini ta'minlash bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari asosida ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usulini takomillashtirish bo'yicha olib borilgan tadqiqot natijalari asosida:

umumiy foydalanuvdagi avtomobil yo'llaridagi qoplama ravonligi va yo'l holati indeksi (PCI) ko'rsatkichlarining o'zaro bog'liqlik qonuniyatlari Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli korxonalarda amaliyotga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasining 2022-yil 21-oktyabrdagi, 03-3523-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, qoplama ravonligi ko'rsatkichi asosida yo'ldagi mavjud nuqsonlar holatidan kelib chiqib ta'mirlash ishlarini samarali rejalashtirish imkoniyati yaratilgan;

qoplama ravonligining turli o'lchash qurilmalarida aniqlangan natijalarning o'lchash tezligi ta'sirida o'zgarish qonuniyatlari Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli korxonalarda amaliyotga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasining 2022-yil 21-oktabrdagi, 03-

3523-sonli ma'lumotnomasi). Natijada avtomobil yo'llarida qoplama ravonligini resurs tejankor usullardan foydalangan holda tezkor baholash va ta'mirlash ishlarini samarali rejalashtirish orqali ta'mirlashga sarflanayotgan mablag'larni 20% ga tejashga erishilgan;

muddatli rejalashtirilgan yo'l-ta'mirlash ishlarining avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari o'zgarishiga ta'siri aniqlangan va bu Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli korxonalarda amaliyotga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasining 2022-yil 21-oktyabrdagi, 03-3523-sonli ma'lumotnomasi). Natijada avtomobil yo'llarini ta'mirlash ishlarini bir yillik va ko'p yillik rejalarini ishlab chiqish hamda, ushbu rejadagi ishlarni amalga oshirish orqali avtomobil yo'lining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari o'zgarishini nazorat qilib borish imkoniyati yaratilgan;

havo-iqlim sharoiti ta'sirida avtomobil yo'llari transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarining o'zgarish qonuniyatlari Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli korxonalarda amaliyotga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasining 2022-yil 2022-yil 21-oktyabrdagi, 03-3523-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, O'zbekiston Respublikasi bo'yicha asfaltbeton qoplamalarining maksimal harorati ma'lumotlariga asoslangan holda plastik deformatsiyalar yuzaga kelishini oldini olish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan, hamda yo'l qoplamasining xizmat muddatini 3-5 yilga ochirishga erishilgan;

optimallashtirish algoritmlarni qo'llash orqali ta'mirlash ishlarini rejalashtirishning takomillashtirilgan usuli Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli korxonalarda amaliyotga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasining 2022-yil 2022-yil 21-oktabrdagi, 03-3523-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini o'zgarish dinamikasiga asoslangan holda byudjet cheklovlarida ham ta'mirlash ishlarini samarali rejalashtirish imkoniyati yaratilgan va sarflanayotgan mablag'larni 30-35% gacha iqtisod qilishga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro (jumladan 1 ta "Scopus" bazasiga kirgan konferensiyada) va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruzalar qilingan va muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 12 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola, ulardan 4 tasi respublika va 3 tasi xorijiy jurnallarda e'lon qilingan. Shuningdek, 2 ta EHM dasturi uchun mualliflik guvohnomalari rasmiylashtirilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 120 sahifani tashkil etadi

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, muammoning o'rganilganlik darajasi, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqot maqsadi va vazifalari, obyekt va predmetlari tavsiflangan, tadqiqotning usullari, tadqiqotning ilmiy yangiligi, tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati, tadqiqot natijalarining joriy qilinishi, dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy-ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejaları bilan bog'liqligi, tadqiqot natijalarining aprotatsiyasi, tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Muammoning zamonaviy holati, tadqiqotning maqsadi va vazifalari”** deb nomlangan bobida O'zbekiston Respublikasi umumiy foydalanuvdagi avtomobil yo'llari tarmog'ining zamonaviy holati, avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini baholashning mavjud usullari, avtomobil yo'llari tarmog'ini ta'mirlash ishlarini rejalashtirishning mavjud usullari, avtomobil yo'llarini transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini o'lchashning zamonaviy vositalari va o'lchov o'tkazishning usullari tahlil qilingan.

Hozirgi kunda O'zbekiston yo'l tarmog'i holati bo'yicha yagona rasmiy ma'lumot Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasining rasmiy veb-saytida berilgan. Ushbu ma'lumotga ko'ra bugungi kunda respublikada jami 209469 km avtomobil yo'li mavjud bo'lib, yo'l tarmog'ining zichligi har 100 km² maydonda 47 km ni tashkil etadi. Avtomobil yo'llari tarmog'ini umumiy foydalanishdagi (42869 km), ichki xo'jalik (141882 km) va idoraviy (24745 km) avtomobil yo'llari tashkil etadi. 1991-2022 yillarda tarmoq bo'yicha katta o'zgarishlar amalga oshirilgan bo'lib, 1991-yil 1-yanvar holatiga umumiy foydalanuvdagi yo'l tarmog'ining uzunligi 39828 kilometrni tashkil qilgan bo'lsa, bu ko'rsatkich 2022-yilga kelib 42869 kilometrga yetgan.

So'nggi 10 yil davomida davlat byudjetidan umumiy foydalanuvdagi avtomobil yo'llarini qurish, rekonstruksiya qilish, ta'mirlash va saqlash uchun umumiy hisobda 32 trln. so'mga yaqin mablag'lar sarflangan. 2013-2022 yillarda Markaziy bank qayta moliyalash stavkasi o'rtacha 12,3 % ni tashkil etishini hisobga olsak, umumiy foydalanuvdagi avtomobil yo'llarini rivojlantirish uchun ajratilgan mablag'lar hajmi 2013-yilga nisbatan yillar davomida o'sish o'rniga kamayishini ko'rishimiz mumkin.

Bugungi kunda bir qator mualliflar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarga ko'ra, respublika umumiy foydalanuvdagi yo'l tarmog'ining holati bo'yicha ma'lumotlarda, ta'mirlanmay qolib ketgan yo'llar umumiy yo'l tarmog'ining 65-70 % ni tashkil etishi keltirilgan. Lekin, avtomobil yo'llari sohasida yagona texnik siyosat yurituvchi qo'mita tomonidan berilgan rasmiy ma'lumotlar tahliliga ko'ra bu ko'rsatkich 17 % ni tashkil etishi keltirilgan, shuningdek, respublikada mavjud 141882 km ichki xo'jalik yo'llarining 74219 km qismi (52 %) ta'mirtalab holatda ekanligini ko'rsatilgan.

MDH davlatlarida, shuningdek O'zbekistonda amal qilayotgan me'yoriy hujjatlarda va bir qator adabiyotlardan ko'rishimiz mumkinki, avtomobil

yo'llarining transport-ekspluatatsion holatini baholash yo'lining iste'mol xususiyatidan kelib chiqib qabul qilingan transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini me'yoriy talablarga muvofiqlik darajasi bo'yicha amalga oshiriladi. Ushbu uslubda integral ko'rsatkich sifatida barcha asosiy transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlar bilan o'zaro bog'liqlikka ega bo'lgan harakat tezligi (v) tanlab olinadi va hisobiy tezlikning ta'minlanganlik koeffitsiyenti ($K_{x.t.}$) ko'rinishida ifoda etiladi.

Yo'lining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini baholashning mavjud usullari ko'p vaqt va resurs talab etadi. Ushbu usullar asosida yo'l tarmog'i bo'yicha ishlarni bir yillik va ko'p yillik rejalashtirish imkoni mavjud emas. O'zbekiston sharoitini hisobga olib avtomobil yo'llarini ta'mirlash ishlarini samarali tashkil etish uchun zarur bo'lgan transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarni aniqlash orqali yo'l tarmog'i holatini baholash usulini takomillashtirish zarur hisoblanadi.

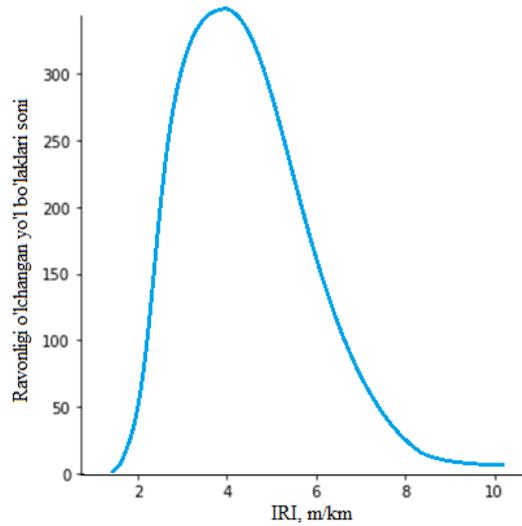
Dissertatsiyaning **“Avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini tadqiq qilish”** deb nomlangan ikkinchi bobida avtomobil yo'llari qoplamasining ravonligi, avtomobil yo'llaridagi transport oqimining harakat jadalligi va tarkibi, avtomobil yo'llari qoplamasining tishlashish koeffitsiyenti, avtomobil yo'llari to'shamasining mustahkamligi kabi transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari tadqiq qilish natijalari keltirilgan.

Tadqiqot obyektlari sifatida belgilangan A373a avtomobil yo'li uzunligining 52 % (23,4 km), 4P21 avtomobil yo'li uzunligining 20,2 % (4,4 km), 4P12 avtomobil yo'li uzunligining 12,7 % (9,5 km), 4P2 avtomobil yo'li uzunligining 28,2 % (13,3), M39b avtomobil yo'li uzunligining 35 % (23,5 km) bo'lagida yo'l qoplamasi ravonligining holati standarti talablariga muvofiq emasligi aniqlandi. Qoplama ravonligining standart talablarga muvofiq kelmasligi yo'lining iste'mol xususiyatlarini yomonlashishiga, shuningdek qoplama ravonligining ruxsat etilgan chegaradan oshib ketishi transportdan foydalanish xarajatlarining oshishiga olib keladi.

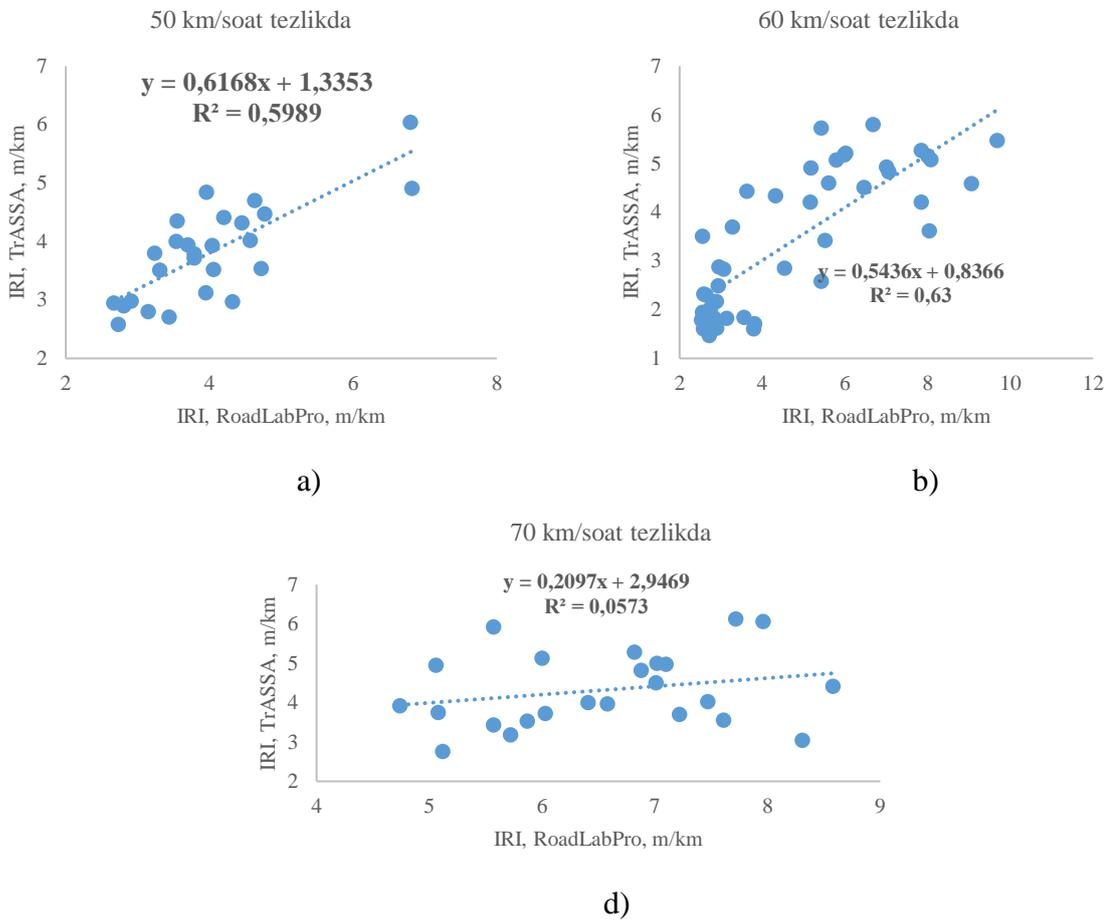
Avtomobil yo'llari qoplama ravonligining haqiqiy holatini aniqlash maqsadida tadqiqot obyektlarida o'lchangan ko'rsatkichlar asosida quyidagi qoplama ravonligi taqsimot egriligi qurildi (1-rasm).

Tadqiqot obyektlari sifatida belgilangan, umumiy uzunligi 256 km bo'lgan avtomobil yo'llarining har 100 m bo'lagida ya'ni 2560 ta o'lchovlarda aniqlangan ravonlik ko'rsatkichi bo'yicha 1-rasmda keltirilgan taqsimot egriligidan ko'rishimiz mumkinki, natijalarning ko'pchilik qismi 3,0 m/km dan 5,0 m/km oralig'iga to'g'ri keladi.

Qoplama ravonligini aniqlashda hozirda keng qo'llanilib kelinayotgan texnologiyalardan biri bo'lgan RoadLabPro dan foydalangan holda, tadqiqot obyektlarida sinov ishlari olib borildi. Bunda, RoadLabPro yordamida tadqiqot obyektlarida 50, 60 va 70 km/soat tezliklarda aniqlangan qoplama ravonligi ko'rsatkichlari, aynan ushbu obyektlarda “TRASSA” ko'chma yo'l laboratoriyasi yordamida aniqlangan ravonlik ko'rsatkichlari bilan solishtirildi (2-rasm).



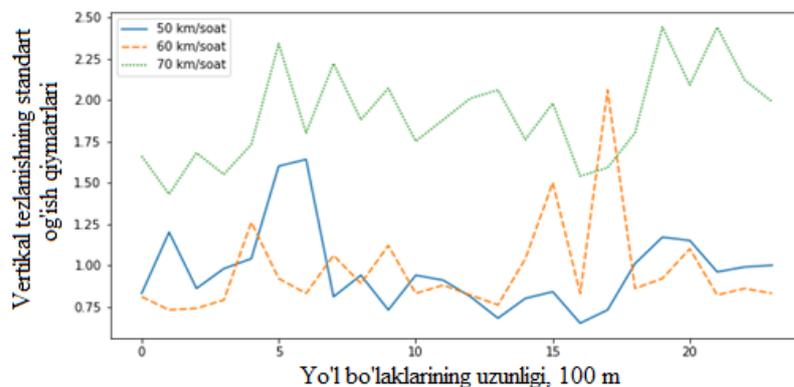
1-rasm. IRI bo'yicha aniqlangan qoplama ravonligining taqsimot egriligi.



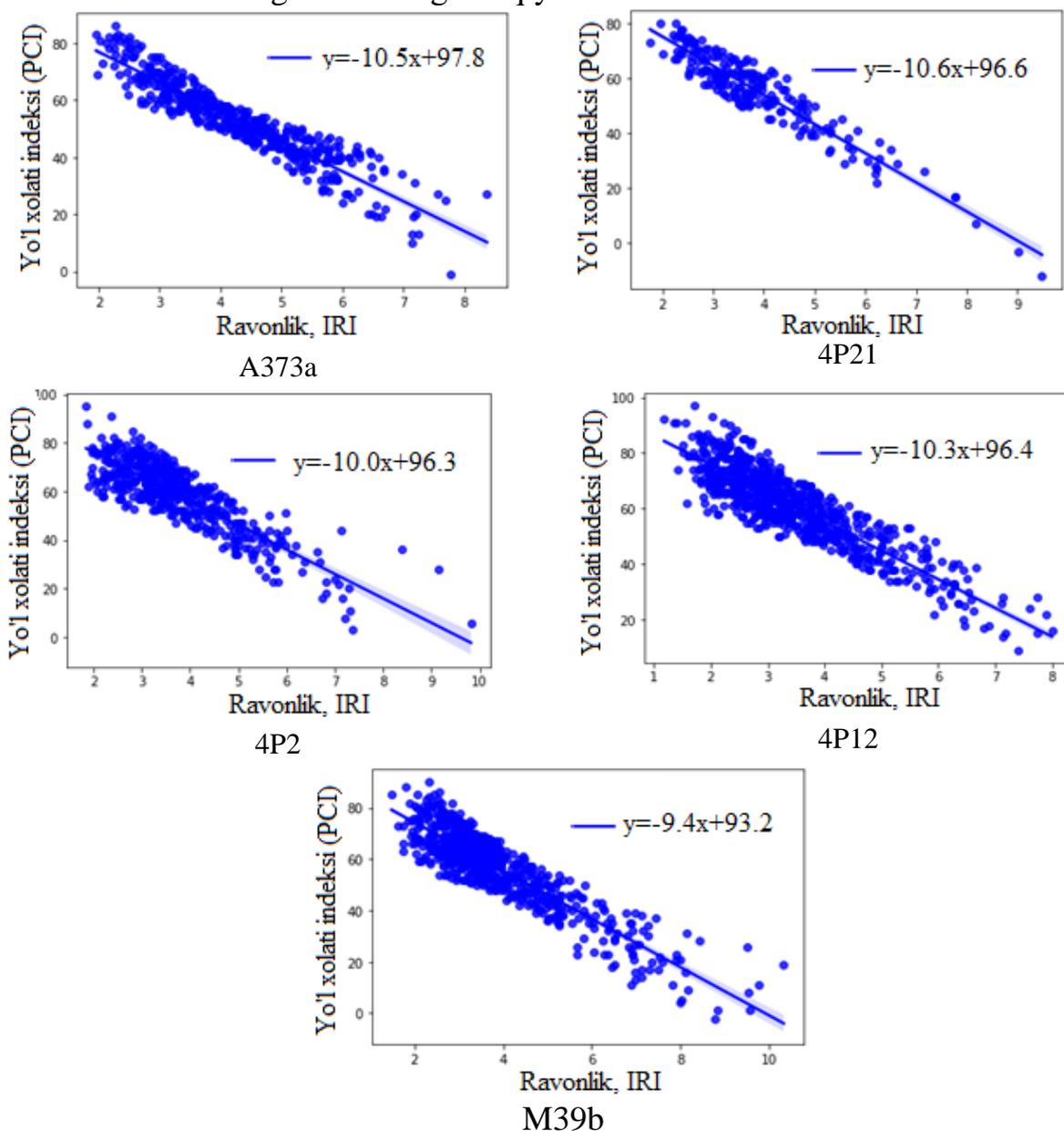
2-rasm. TRASSA yo'l laboratoriyasi lazerli profilometri va Samsung A31 smartfoniga o'rnatilgan RoadLabPro dasturi yordamida aniqlangan ravonlik ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlik.

Yuqoridagi 2-rasmda turli tezliklarda va turli qurilmalarda aniqlangan ravonlik ko'rsatkichlari o'rtasidagi regression bog'liqliklar aniqlangan. Bunda, 70 km/soat tezlikda aniqlangan ravonlik ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlik 50 va 60 km/soat tezlikda aniqlangan ko'rsatkichlar bog'liqliklariga nisbatan kuchsiz bog'liqlikni tashkil etishini ko'rish mumkin. Buning asosiy sababi "TRASSA"

ko'chma yo'l laboratoriyasi 70 km/soat tezlik bilan harakatlenganda uning salonidagi vertikal tezlanishning standart og'ish qiymatlari 50 va 60 km/soat tezlikda harakatlengandagiga nisbatan yuqori bo'lishi hisoblanadi (3-rasm).



3-rasm. Turli tezliklarda “TRASSA” ko'chma yo'l laboratoriyasi salonidagi vertikal tezlanishning standart og'ish qiymatlari.



4-rasm. IRI bo'yicha qoplama ravonligi va PCI ko'rsatgichlari o'rtasidagi bog'liqlik grafiklari

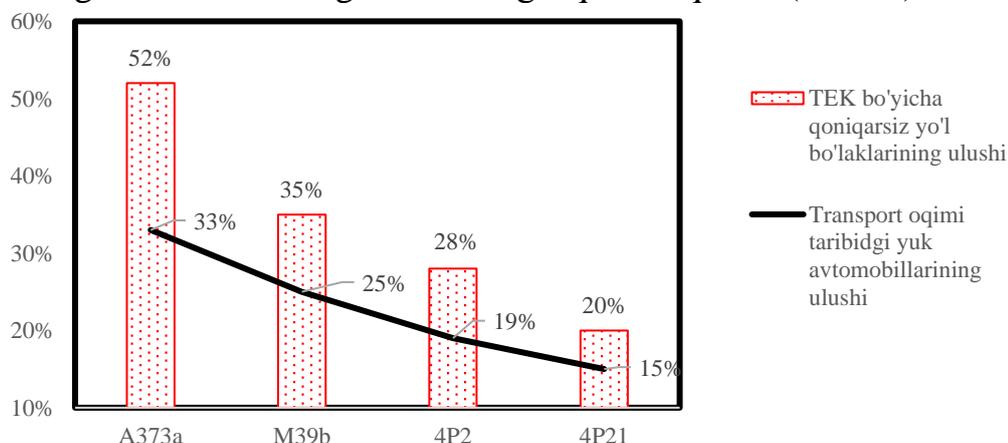
“TRASSA” yo‘l laboratoriyasida olingan avtomobil yo‘llarining video ma’lumotlaridan foydalangan holda PCI ko‘rsatkichi baholandi va ushbu ko‘rsatkich bilan qoplama ravonligi o‘rtasidagi bog‘liqlik qonuniyatlari aniqlandi.

Bunday holatda yo‘l holatiga to‘g‘ri baho berish va ta‘mirlash ishlari turini to‘g‘ri tanlash uchun qoplama nuqsonlar tarqalish holatini o‘zida aks ettiruvchi indikatorga zaruriyat tug‘iladi. Shu kabi indikatorlardan biri bu PCI (YXI -yo‘l holati indeksi ko‘rsatkichidir).

PCI ko‘rsatkichi ASTM D6433-07 standarti bo‘yicha avtomobil yo‘lidagi mavjud nuqsonlar (yoriqlar, o‘yiqalar, yemirilishlar, g‘ildirak izi deformatsiyalari va b., jami 19 ta nuqson turi bo‘yicha) holatidan kelib chiqib 0 (yomon) dan 100 (a‘lo) gacha bo‘lgan shkalada baholanadi. Qoplama ravonligining IRI ko‘rsatkichi va PCI ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqliklardan foydalangan holda avtomobil yo‘lidagi nuqsonlarning rivojlanish darajasiga baho berish hamda zaruriy ta‘mir turini belgilash mumkin bo‘ladi.

Tadqiqot obyektlarida aniqlangan transport oqimining jadalligi va tarkibi ma’lumotlaridan ko‘rish mumkinki, transport oqimi tarkibidagi yuk avtomobillarining ulushi A373a avtomobil yo‘lida 28 %, M39b avtomobil yo‘lida 25 %, 4P2 avtomobil yo‘lida 19 %, 4P21 avtomobil yo‘lida 15 % ni tashkil qiladi.

Avtomobil yo‘lining transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlariga transport oqimi tarkibidagi yuk avtomobillarining ta‘siri tadqiq qilindi. Bunda tadqiqot obyektlari bo‘yicha oqim tarkibidagi yuk avtomobillarining ulushi va umumiy yo‘l uzunligiga nisbatan transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlari qoniqarsiz bo‘lgan yo‘l bo‘laklarining ulushi o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik aniqlandi (5-rasm).

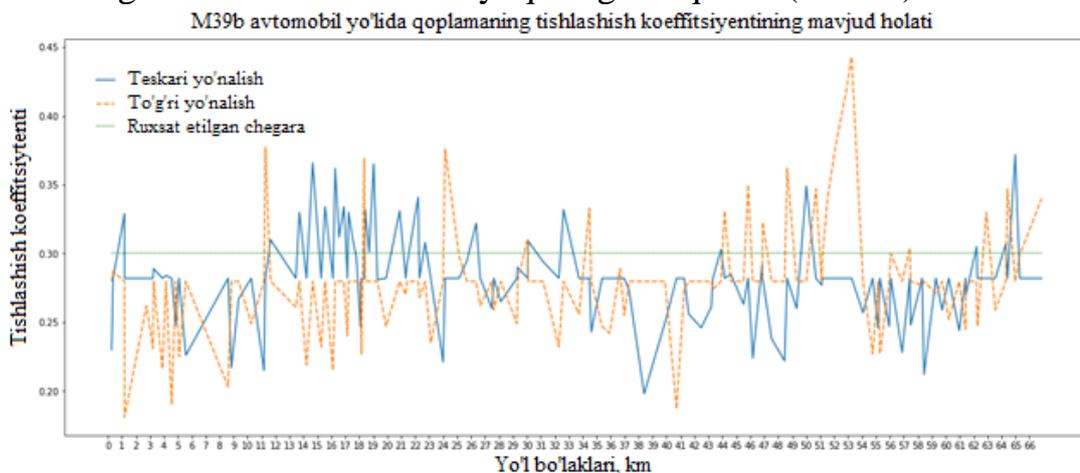


5-rasm. Transport oqimi tarkibidagi yuk avtomobillari ulushi va transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlari qoniqarsiz yo‘l bo‘laklari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik grafigi

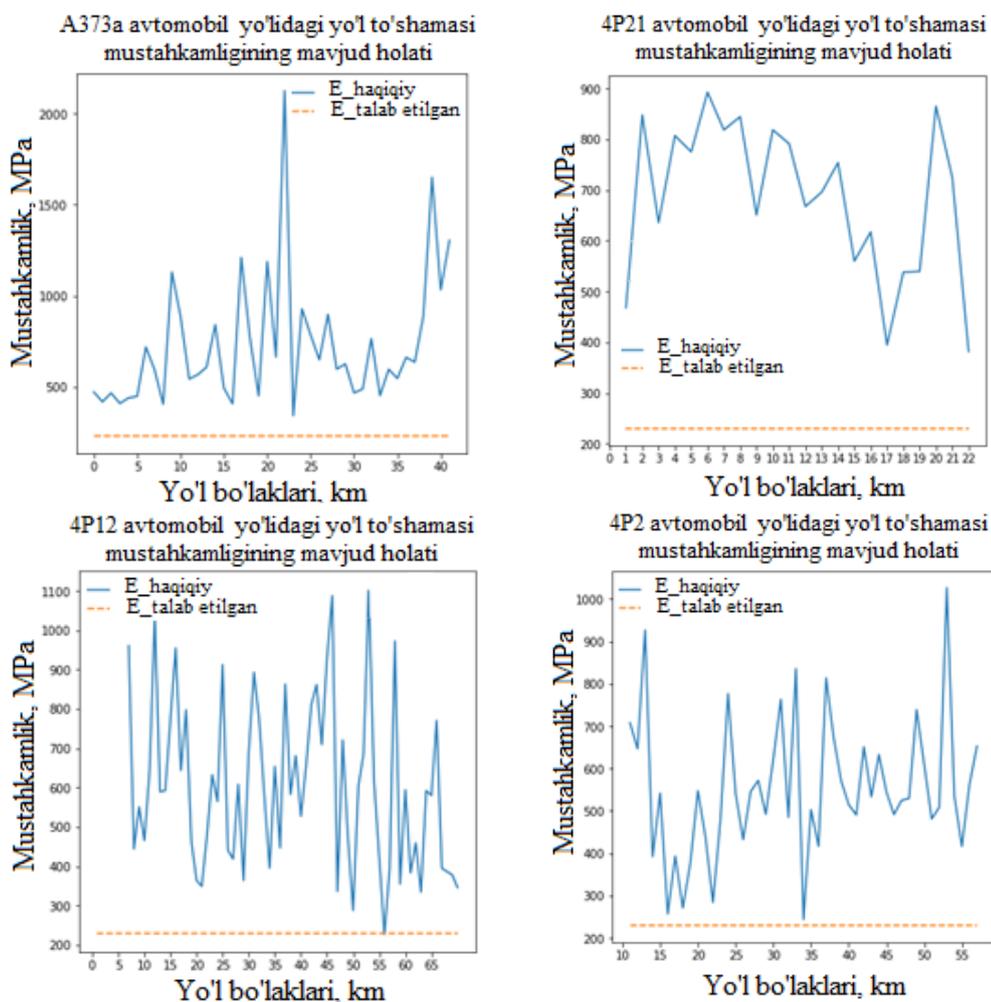
5-rasmdan ko‘rish mumkinki, avtomobil yo‘llarida transport oqimi tarkibidagi yuk avtomobillari ulushining yuqori bo‘lishi, ushbu yo‘llardagi transport ekspluatatsion ko‘rsatkichlarning qoniqarsiz holatga kelishiga sabab bo‘ladi.

Tadqiqot obyektlarida avtomobil yo‘llari qoplamasining tishlashish sifati “TRASSA” yo‘l laboratoriyasining PKRS-3 “METRIKA” qurilmasidan foydalangan holda aniqlandi. Tadqiqotlar natijasida qoplamaning tishlashish koeffitsiyenti qiymati belgilangan me‘yorlar talabiga javob bermaydigan yo‘l bo‘laklari ko‘pligi aniqlandi. M39b avtomobil yo‘lida qoplamaning tishlashish

koefitsiyenti qoniqarsiz bo'lgan yo'l bo'laklari ko'p bo'lib, ushbu avtomobil yo'lida transport vositalari uchun harakatlanish xavfli ekanligi va yo'l-transport hodisalarining sodir bo'lish ehtimoli yuqoriligi aniqlandi (6-rasm).



6-rasm. M39b avtomobil yo'lida qoplama tishlashish koefitsiyentini baholash grafigi



7-rasm. Tadqiqot obyektlarida aniqlangan yo'l to'shamasi mustahkamlik ko'rsatkichlari grafigi

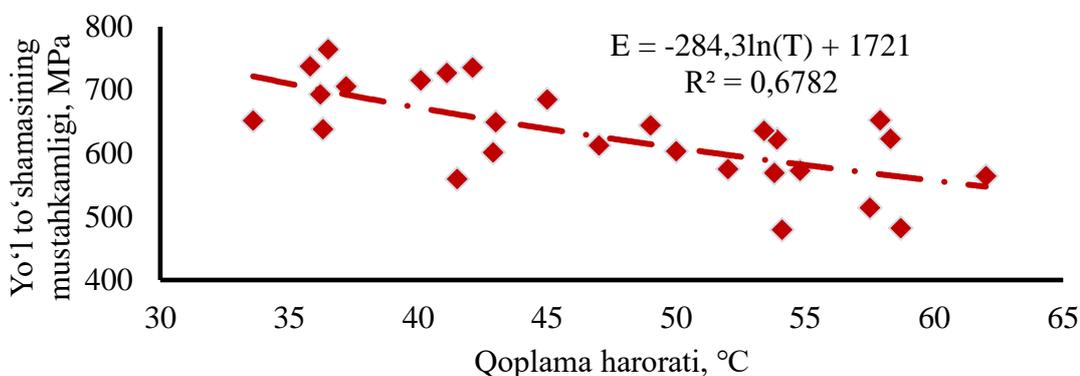
Yo'l tarmog'i bo'yicha ta'mirlash ishlarini rejalashtirishda transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari qoniqarsiz bo'lgan yo'l bo'laklarini aniqlash va zarur

ta'mir turini o'z vaqtida belgilash orqali yo'l holatini yaxshilash va harakat xavfsizligini oshirish mumkin bo'ladi.

Tadqiqot obyektlarida yo'l to'shamasining mustahkamligi "TRASSA" yo'l laboratoriyasining DINA 4 FWD qurilmasidan foydalangan holda aniqlandi. DINA 4 FWD qurilmasi yordamida aniqlangan yo'l to'shamasidagi elastik egilishi va qoplama harorati qiymatlaridan foydalangan holda yo'l to'shamasining umumiy elastiklik moduli qiymatlari aniqlandi (7-rasm).

Toshkent viloyati havo-iqlim sharoitida olib borilgan tadqiqotlar natijasida yozgi davrlarda havo harorati +30 °C dan yuqori bo'lganda yo'l qoplamasi harorati 58-60 °C dan yuqori bo'lishi aniqlandi. Qoplama haroratining o'zgarishini (oshib borishini) yo'l to'shamasining mustahkamligiga ta'sirini o'rganish maqsadida 4P2 avtomobil yo'lida tadqiqot ishlari olib borildi. O'tkazilgan eksperimental tadqiqot ishlari natijasida quyidagi bog'liqlik qonuniyati aniqlandi (8-rasm).

Qoplama harorati va yo'l to'shamasining mustahkamligi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik



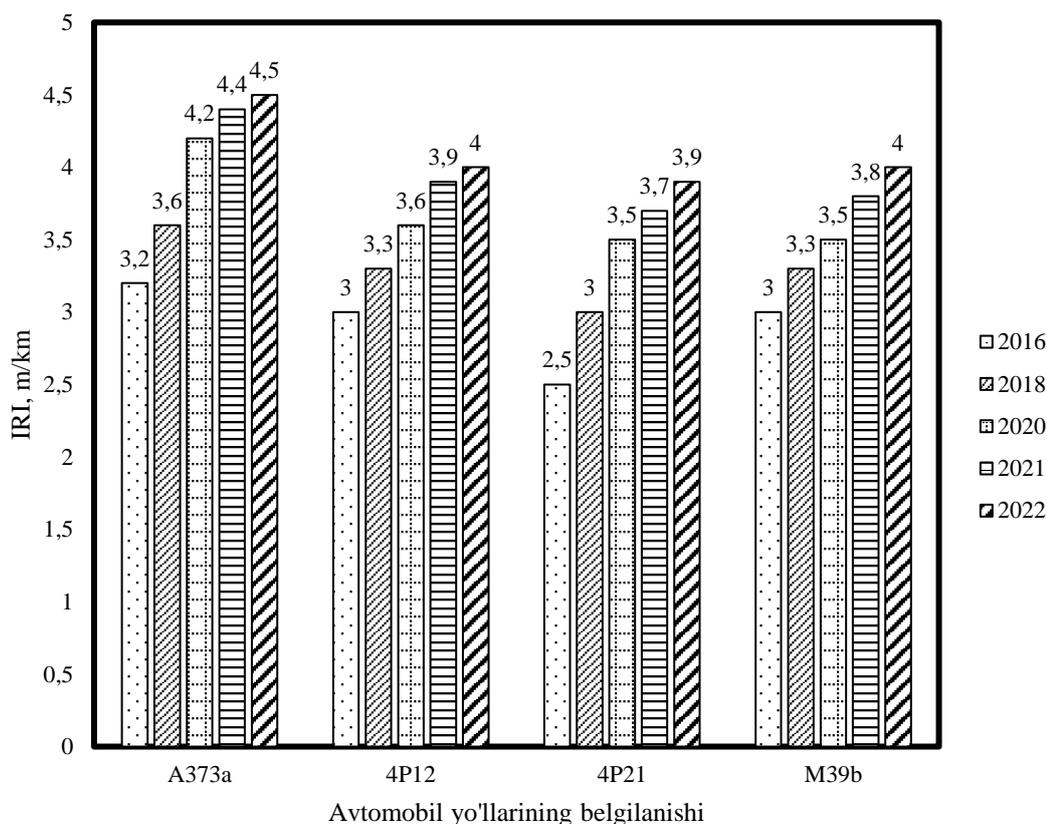
8-rasm. Qoplama harorati va yo'l to'shamasining mustahkamligi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik qonuniyati

Yuqoridagi grafikda (8-rasm) keltirilgan bog'liqlik qonuniyati asosida aniqlangan tenglama orqali qoplama harorati 30 °C va 60 °C bo'lgan holatlar uchun hisoblangan yo'l to'shamasining elastiklik moduli ko'rsatkichlari mos ravishda 753 va 572 MPa ga teng bo'lishi, oradagi farq esa 181 MPa ni tashkil qilishi, ya'ni 24% ga kamayishi aniqlandi.

Dissertatsiyaning **“Avtomobil yo'llarini ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usulini takomillashtirish”** deb nomlangan uchinchi bobida avtomobil yo'llarini o'z muddatida ta'mirlashning yo'l ekspluatatsion holatini o'zgarishiga ta'sirini baholash, yo'l-ta'mirlash ishlarini rejalashtirishda optimallashtirish algoritmlarini qo'llash, avtomobil yo'llarini ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usulini takomillashtirish, avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari asosida ta'mirlash ishlarini rejalashtirishda geoaxborot tizimlarini qo'llashga oid natijalar keltirilgan.

2016-2022 yillar oralig'ida o'tkazilgan tadqiqotlar natijalaridan ma'lum bo'ldiki, avtomobil yo'llarining ta'mirlash va saqlash ishlarini samarasiz tashkil etilganligi oqibatida qoplama ravonligi ko'rsatkichining oshib borganligini ko'rish mumkin (9-rasm). Tadqiqot obyektlarida qoplama ravonligining 2016-2022 yillar

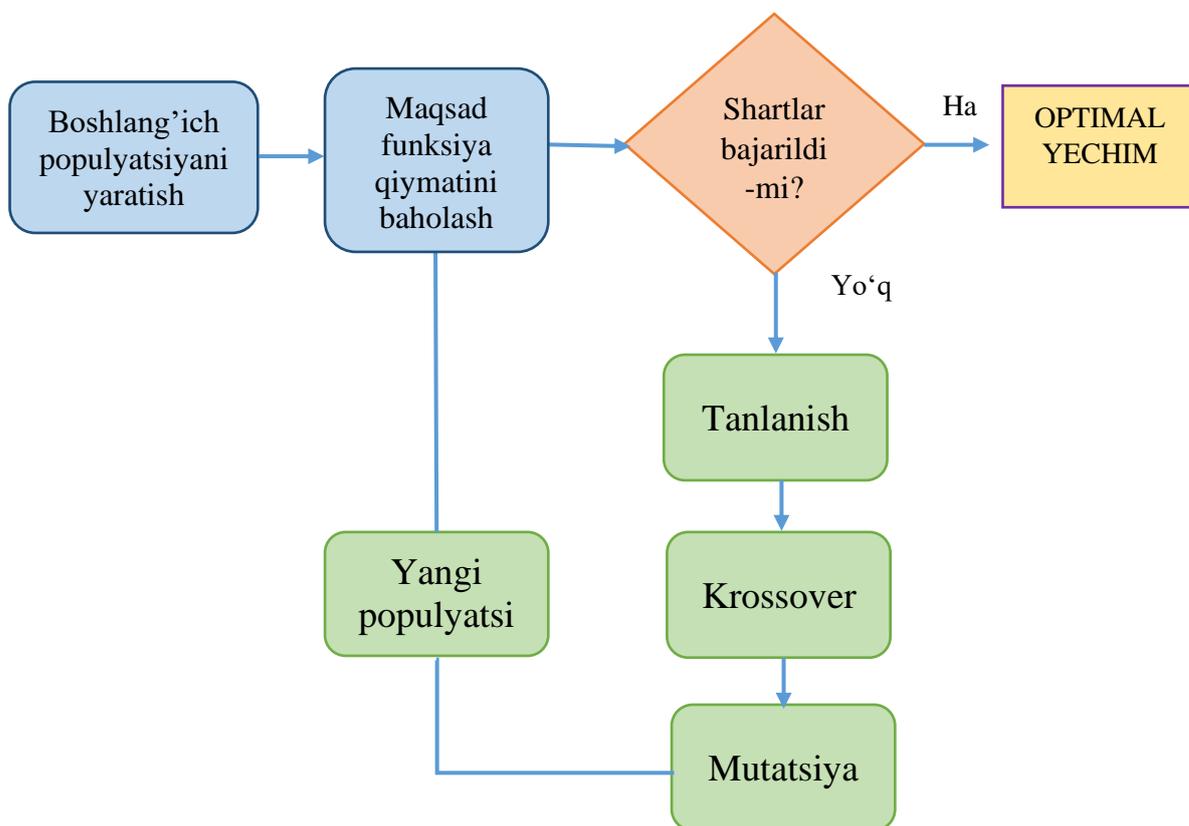
oralig'ida aniqlangan qiymatlari tahlil qilinganda qiymatlar orasidagi farq 0 dan 7,2 m/km gacha o'zgarishi aniqlandi. Qoplama ravonligining ushbu yo'llarda so'ngi 6 yildagi o'rtacha qiymatlari o'rtasidagi farq 1,0-1,4 m/km ga teng. Bundan kelib chiqadiki, qoplama ravonligining ko'rsatgichi yildan-yilga oshib borgan (9-rasm).



9-rasm. Tadqiqot obyektlarida qoplama ravonligining 2016-2022-yillar oralig'idagi o'zgarish dinamikasi

Xorijda va O'zbekistonda avtomobil yo'llarini ta'mirlash ishlarini rejalashtirishda optimallashtirish masalalarining qo'llanilishi bo'yicha bir qator tadqiqotchilar tomonidan ilmiy ishlar amalga oshirilgan. Ushbu ishlarda ta'mirlash ishlarini rejalashtirishda chiziqli va chiziqsiz dasturlash, dinamik dasturlash va shu kabi optimallashtirish algoritmlarining qo'llanilishini ko'rish mumkin. Olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, avtomobil yo'llarini ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usulini takomillashtirishda genetik algoritmlardan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Quyidagi 10-rasmda genetik algoritmlarning ishlashi blok-sxemasini keltirilgan.

Genetik algoritmlarning ishlashi blok-sxemasida dastlabki bosqich boshlang'ich populyatsiyani yaratish hisoblanadi. Buning uchun yuqorida ko'rib chiqilayotgan hol uchun quyidagi kodlashni amalga oshirish kerak (11-rasm).



10-rasm. Genetik algoritmlarning ishlash blok-sxemasi

Yillar	1	2	3	4	...	T
Ta'mir turi	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	...	X_{1t}

Yillar	1	2	3	4	...	T
Ta'mir turi	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	...	X_{2t}

Yillar	1	2	3	4	...	T
Ta'mir turi	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	...	X_{3t}

	...					
Yillar	1	2	3	4	...	T
Ta'mir turi	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}	X_{i4}	...	X_{it}

11-rasm. Optimallashtirish modeli uchun yakuniy yechimni kodlash (dastlabki populyatsiyani yaratish)

bu yerda: X_{it} - i -yo'lda, t -yildagi ta'mirlash turi. X_{it} ga ta'mirlash turlarini butun sonli kodlash orqali, mos ravishda 1, 2, 3 ga teng bo'lgan qiymatlardan biri beriladi.

Keyingi bosqichda maqsad funksiya va tegishli shartlar belgilanib tarmoq bo'yicha yuqorida keltirilgan yechimni baholash amalga oshiriladi. Maqsad funksiyani shunday belgilash kerakki, unda real sharoitdagi barcha cheklovlar (byudjet, transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarining minimal chegaralari va b.) yakuniy natijani topishda ishtirok etishi kerak. Maqsad funksiyani belgilash yo'l holatini ifodalovchi ko'rsatkichni o'rnatilgan byudjet cheklovlarini hisobga olgan holda minimallashtirish orqali amalga oshiriladi.

Yo‘l holatini ifodalovchi maqsad funksiyasi quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$M_{yo'l_holati} = \sum_{t=1}^T \frac{1}{T} IRI_{it} \rightarrow \min \quad (1)$$

Maqsad funksiyaning eng kichik qiymatini topish uchun quyida keltirilgan shartlar bajarilishi kerak:

$$\sum_{i=1}^I X_{it} \leq B_t, \quad (2),$$

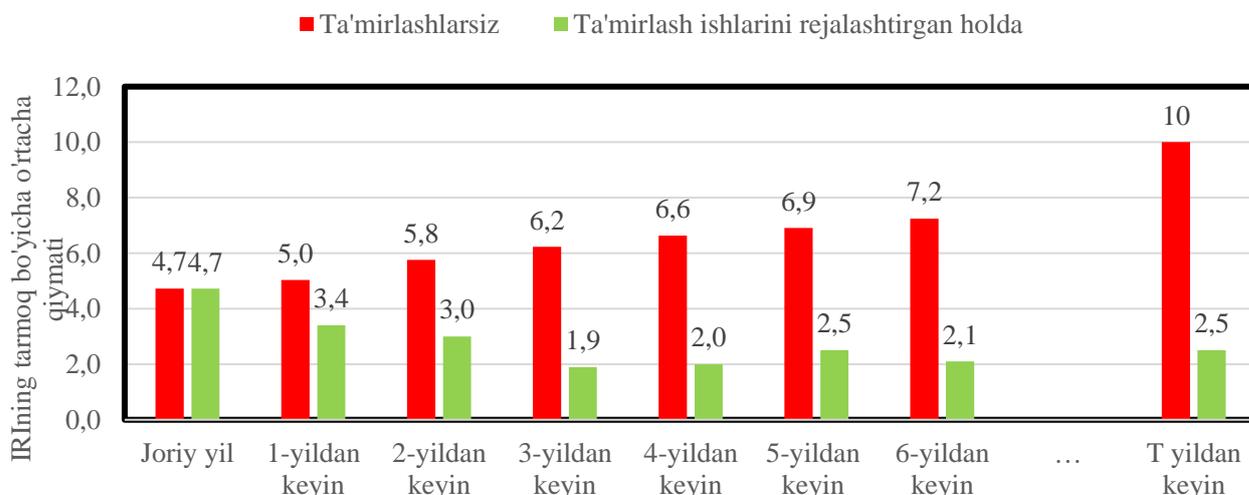
$$IRI_{it} \leq IRI_{max} \text{ yoki } IRI_{it} \leq 4,5 \quad (3),$$

$$IRI_{it} \geq 1,5 \quad (4)$$

$$IRI_{it} = IRI_{i(t-1)} + \Delta IRI_k \quad (5)$$

Bu yerda: IRI_{it} va $IRI_{i(t-1)}$ mos ravishda t va $(t-1)$ yildagi xalqaro ravonlik indeksining qiymatlari, X_{it} – i –yo‘lda t –yildagi ta‘mirlash uchun sarflanadigan mablag‘ miqdori, B_t – t –yildagi ta‘mirlash ishlari uchun ajratiladigan umumiy byudjet miqdori, ΔIRI_k – k – turdagi ta‘mir turini amalga oshirish natijasida xalqaro ravonlik indeksi (IRI) ning kamayishi. (3) va (4) ifodalarda IRI ning ruxsat etilgan eng yuqori va eng kichik qiymatlari uchun chegaralar belgilangan.

Ushbu jarayonni yuqorida keltirilgan ketma-ketlik va shartlar asosida tanlangan yo‘l tarmog‘ida sinovdan o‘tkazildi. Asosiy hisoblarni amalga oshirish uchun Microsoft Excel dasturining Solver paketi va Python dasturlash tilidan foydalanildi.



12-rasm. Yo‘l qoplamasi ravonligining ta‘mirlash ishtarini rejalashtirish natijasida o‘zgarishi

Tanlangan yo‘l tarmog‘i bo‘yicha yo‘l qoplamasi ravonligining o‘rtacha qiymati joriy yil holatiga 4,7 ga teng. Ushbu ko‘rsatgich hech qanday ta‘mirlash ishlari amalga oshirilmaganda 5-ifodada keltirilgan qonuniyat orqali aniqlanganda 6 yildan keyin 7,2 ga teng bo‘lishi ma‘lum bo‘ladi (12-rasm). Ta‘mirlash ishtarini rejalashtirishning takomillashgan usulini qo‘llash orqali yo‘l qoplamasi ravonligi ko‘rsatgichini 2,1 qiymatga keltirish mumkin bo‘ladi (12-rasm, 1-jadval).

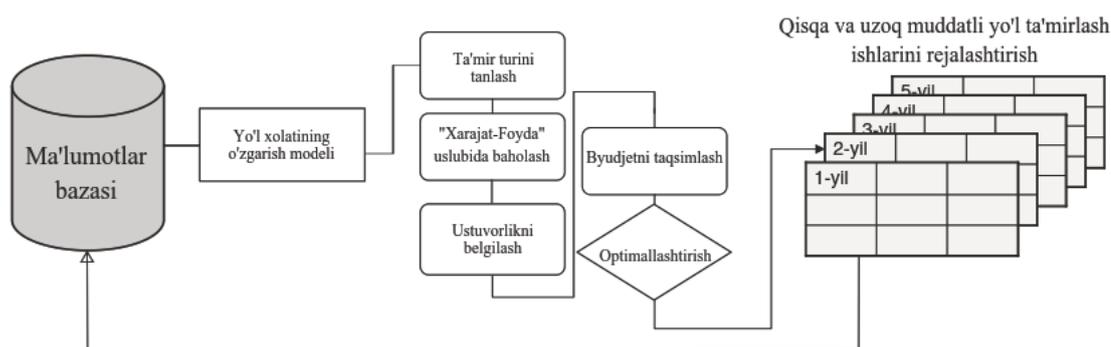
Genetik algoritmlar asosida takomillashtirilgan usuldan foydalangan holda avtomobil yo‘llarini ta‘mirlash ishtarini rejalashtirishning qisqa va uzoq muddatli rejasini ishlab chiqish mumkin bo‘ladi. Bunda rejaning dastlabki 3 yilida tarmoq bo‘yicha o‘rtacha IRI ning qiymati 4,7 dan 1,9 gacha pasaytirishga erishiladi.

1-jadval

Avtomobil yo'li	Tuli avtomobil yo'llari bo'yicha turli yillarda amalga oshirilgan ta'mirlash ishlari							
	1 yil	2 yil	3 yil	4 yil	5 yil	6 yil	.....	T yil
1	2	1	1	1	1	1	.....	X_{1t}
2	2	1	1	1	1	1	.....	X_{2t}
3	2	1	1	1	2	1	.....	X_{3t}
4	2	2	1	1	1	1	.....	X_{4t}
5	3	1	1	1	2	1	.....	X_{5t}
6	2	2	1	1	1	1	.....	X_{6t}
7	3	1	2	1	1	1	.....	X_{7t}
8	2	1	1	1	2	1	.....	X_{8t}
9	2	1	2	1	1	1	.....	X_{9t}
10	2	1	1	2	1	1	.....	X_{10t}

Izoh: 1 – saqlash ishlari, 2 – joriy ta'mirlash ishlari, 3 – mukammal ta'mirlash

Me'yoriy hujjatlarda yo'l to'shamasi va qoplamasining nazariy ta'mirlashlararo muddatlari belgilangan. Mavjud sharoitda yo'l ta'mirlash ishlarini samarali tashkil etmasdan turib ushbu ta'mirlashlararo muddatlarni ta'minlab bo'lmaydi. Ta'mirlash ishlarini samarali tashkil etish orqali byudjet cheklangan sharoitda ham yo'l tarmog'i holatini maksimal darajada yaxshilashga erishish mumkin. Buning uchun ta'mirlash ishlarini rejalashtirish usulini genetik algoritmlar asosida takomillashtirish talab etiladi. Tadqiqot natijalari asosida avtomobil yo'llarini ta'mirlash ishlarini rejalashtirishning takomillashgan usuli ishlab chiqildi. Quyidagi 13-rasmda avtomobil yo'llarini ta'mirlash ishlarini rejalashtirishning takomillashgan usulining blok-sxemasi keltirildi.



13-rasm. Avtomobil yo'llarini ta'mirlash ishlarini rejalashtirishning takomillashgan usuli blok-sxemasi

Ma'lumotlar bazasi PMS ning asosiy qismi bo'lib unda yo'l va yo'l inshootlarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlari, ularning geometrik o'lchamlari, yo'l holati indeksi va yo'lda amalga oshirilgan ta'mirlash ishlari bo'yicha ma'lumotlar saqlanadi. Ushbu blok sxema algoritmining ishlashi turlicha transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlardan iborat bo'lgan 10 ta yo'l misolida sinovdan o'tkazildi.

Yo'l holatini prognozlash modeli bosqichida ko'p yillik ma'lumotlar asosida yo'lning transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini ma'lum bir umum qabul

qilingan integral ko'rsatkichga bog'lagan holda prognozlash modeli ishlab chiqiladi va ta'mirlash ishlarini rejalashtirish bosqichida ushbu modeldan foydalaniladi. Ushbu model umumiy holatda quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (6)$$

bu yerda: y – integral ko'rsatkich bo'lib uning o'rnida IRI(ravonlik), PCI (yo'l holati indeksi), PSI (yo'lning xizmat ko'rsata olish indeksi), E_{um} mustahkamlik, v tezlik va shu kabilarni olish mumkin;

x_1, x_2, \dots, x_n – integral ko'rsatkich qiymatiga ta'sir etuvchi boshqa omillar masalan, yo'l to'shamasining yoshi, harakat jadalligi, turli nuqsonlar, havo-iqlim omillari, qurilish sifati va boshqa bo'lishi mumkin.

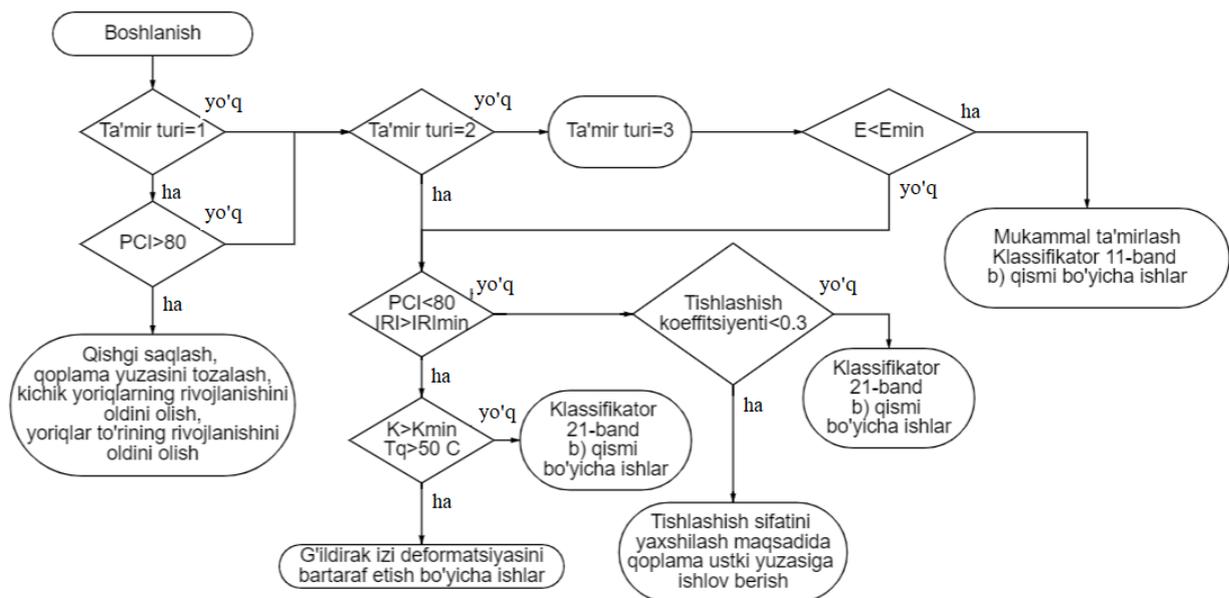
Ta'mirlash turini tanlash bosqichida avtomobil yo'lining o'lchangan va prognoz qilingan transport ekspluatatsion ko'rsatkichlari asosida tarmoq bo'yicha ta'mirga muhtoj yo'l bo'laklari aniqlanadi va shu yo'l bo'laklari bo'yicha eng birinchi navbatda zarur bo'lgan ta'mirlash turlarini aniqlanadi.

“Xarajat-Foyda” (Cost Benefit Estimation) uslubida baholash bosqichida har bir yo'l bo'lagi bo'yicha tanlangan ta'mirlash ishlari uchun sarf etilgan xarajat va shu ta'mir turi bo'yicha ishlarni amalga oshirishdan keladigan foyda ya'ni, transport foydalanish xarajatlarining kamayishi, yo'lning xizmat qilish muddatini uzayishi kabilar o'zari solishtirib baholanadi.

Ustuvorlikni belgilash bosqichida tarmoq ichidagi ayrim yo'llarga ta'mir turini tanlashda alohida ustuvorlik belgilanadi. Ustuvorlikni belgilashda avtomobil yo'llaridagi harakat jadalligi yoki avtomobil yo'llarining funksional tasniflanishiga asoslaniladi.

Byudjetni taqsimlash bosqichida bir yillik va ko'p yillik rejalashtirilgan mablag'larni umumiy yo'l tarmog'i holatini maksimallashtirishga qaratilgan, ustuvorlikni hisobga olib tanlangan ta'mir turlari uchun taqsimlanadi. O'z navbatida byudjet cheklovlarini hisobga olib ajratilayotgan umumiy mablag'lar miqdori minimallashtiriladi. Ushbu ikki minimallashtirish va maksimallashtirishga yo'naltirilgan maqsad funksiyalari uchun samarali yechim topish keyingi bosqichda amalga oshiriladi.

Optimallashtirish bosqichi yakuniy yechim, ya'ni bir yillik yoki ko'p yillik ta'mirlash ishlari bo'yicha samarali strategiyani belgilashga yo'naltirilgan bo'lib, bu bosqichda qo'yilgan masalaning yechimi optimallashtirish algoritmlarini qo'llagan holda topiladi (14-rasm).

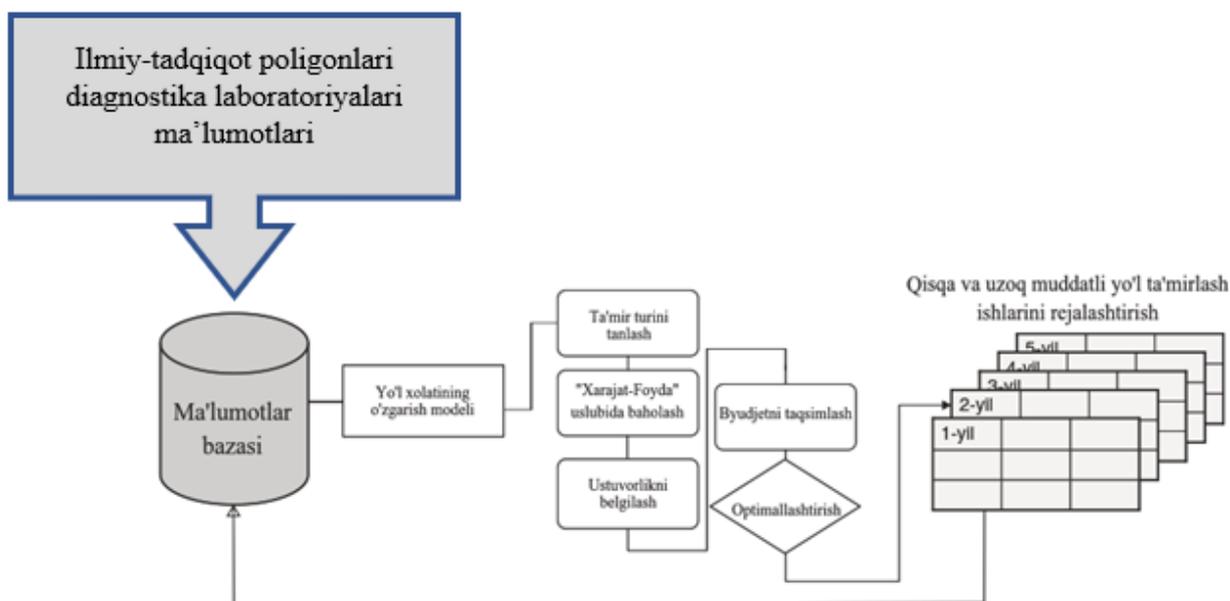


14-rasm. O‘zbekiston havo-iqlim sharoiti va avtomobil yo‘llarining transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlari asosida ta‘mir turini belgilash algoritmi blok-sxemasi

Toshkent viloyati yo‘l tarmog‘i bo‘yicha to‘plangan ma‘lumotlar bazasidan foydalangan holda qoplama ravonligi, yo‘l to‘shamasining mustahkamligi, qoplamaning tishlashish sifati kabi transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlari bo‘yicha geoaxborot tizimlaridan foydalangan holda mavzuli xaritalar ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan mavzuli xaritalardan avtomobil yo‘llarini ta‘mirlash ishlarini rejalashtirishda foydalaniladi.

Dissertatsiyaning **“Avtomobil yo‘llarini ta‘mirlash ishlarini rejalashtirishda takomillashgan usulni qo‘llash va uning iqtisodiy samaradorligini baholash”** deb nomlangan to‘rtinchi bobida Avtomobil yo‘llarining transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlari asosida ta‘mirlash ishlarini rejalashtirishni takomillashgan usulining amaliy ahamiyati, Toshkent viloyati sharoitida avtomobil yo‘llarini ta‘mirlashning takomillashgan usulini qo‘llash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish va ishlab chiqilgan tavsiyalarning iqtisodiy samaradorligini baholashga oid natijalar keltirilgan.

O‘tkazilgan tahlillar, amalga oshirilgan nazariy va amaliy tadqiqotlar natijasi asosida avtomobil yo‘llarining transport ekspluatatsion ko‘rsatkichlari ta‘mirlash ishlarini rejalashtirishning takomillashgan usuli ishlab chiqildi. Ushbu usulni samaradorligini oshirish uchun avtomobil yo‘llari holati bo‘yicha ma‘lumotlar bazasini shakllantirish talab etiladi. Ma‘lumotlar bazasini shakllantirishda avtomobil yo‘lining transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlari bilan bir qatorda yo‘l bo‘laklarida amalga oshirilgan ta‘mirlash ishlari bo‘yicha ma‘lumotlarni ham yig‘ib borish zarur. Avtomobil yo‘llarining ma‘lumotlar bazasi quyidagi algoritm asosida tashkil qilinadi (15-rasm).



15-rasm. Avtomobil yo‘llarini ta‘mirlash ishlarini rejalashtirishning takomillashgan usuli blok-sxemasi.

Ta‘mirlash ishlarini rejalashtirishning takomillashgan usuli tarmoq holatini doimiy kuzatib borish, o‘z vaqtida zarur ta‘mirlash ishlarini rejalashtirishdan iborat.

Bunga misol sifatida ta‘mirlash ishlarini rejalashtirish uchun tanlangan avtomobil yo‘lining transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini ta‘mirlanmasdan oldingi va keyingi holatdagi o‘zgarishini ko‘rishimiz mumkin (2-jadval).

2-jadval

T/r	Transport-ekspluatatsion ko‘rsatkich nomi	Ta‘mirdan oldin	Ta‘mirdan keyin (1-yil)*
1	IRI (Xalqaro ravonlik indeksi)	4,72	1,90
2	PCI (Yo‘l holati indeksi)	48,2	76,2
2	Harakat jadalligi, avto/sutka	48308	
*Ta‘mirdan keyingi avtomobil yo‘llarning transport ekspluatatsion ko‘rsatkichlarining o‘zgarishi olib borilgan eksperimental va nazariy tadqiqotlar natijalari asosida aniqlandi.			

Yo‘ldan foydalanuvchilar xarajatlari ma‘lumotlar asosida A373a avtomobil yo‘lidagi yo‘ldan foydalanuvchilar xarajatlarning ta‘mirdan oldingi va keyingi holatdagi 1 km yo‘l bo‘lagi uchun umumiy miqdori aniqlandi (3-jadval).

Transport oqimining tarkibi, avto/sutka	Yengil avtomobillar	Kichik sinfdagi avtobuslar	O'rtacha avtobuslar	Og'ir avtobuslar	O'rtacha yuk avtomobillari (2-5 t)	Og'ir yuk avtomobillari (5-8 t)	Juda og'ir yuk avtomobillari (8 t dan katta)	Tirkama va yarim tirkamali yuk	Jami	
	32150	16	1204	236	8530	2240	1233	2709		
Yo'ldan foydalanuvchilar xarajatlari, so'm	IRI=4,7	(2825) 90823750	(904) 14464	(678) 816312	(10735) 2533460	(4746) 40483380	(6215) 13921600	(13560) 16719480	(16046) 43468840	208102700
	IRI=1,9	(2373) 76291950	(565) 9040	(565) 728850	(10170) 2400120	(4294) 36627820	(5650) 12656000	(10735) 13236820	(15142) 41020130	182980900

Yuqoridagi jadvalda keltirilgan natijalar asosida avtomobil yo'llarida ta'mirlash ishlarini rejalashtirishning takomillashgan usulidan foydalanishning 1 km avtomobil yo'li hisobiga 1 yildagi iqtisodiy samaradorligini quyidagi formula yordamida aniqlandi:

$$IS_{yillik} = 365 * \left(\sum YFX_{IRI=4,72} - \sum YFX_{IRI=1,90} \right) = 365 * (208102700 - 182980900) = 9\,169\,457\,000 \text{ so'm} \quad (7)$$

Bu yerda: IS – 1 sutkada 1 km avtomobil yo'li hisobidan iqtisodiy samaradorlik, $\sum YFX_{IRI=4,7} - IRI = 4,7$ bo'lgandagi transport vositalarining turlari bo'yicha yo'ldan foydalanuvchilar xarajatlarning yig'indisi, $\sum YFX_{IRI=1,9} - IRI = 1,9$ bo'lgandagi transport vositalarining turlari bo'yicha yo'ldan foydalanuvchilar xarajatlarning yig'indisi.

Xulosa

“Avtomobil yo‘llarining transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlari asosida ta‘mirlash ishlarini rejalashtirish usulini takomillashtirish” mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiya ishi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Bugungi kundagi respublika umumiy foydalanuvdagi avtomobil yo‘llari tarmog‘i holati bo‘yicha so‘ngi yillarda olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlari natijasida tarmoqdagi ta‘mirtalab yo‘llarning ulushi 65-70 % tashkil etishi aniqlandi.

2. O‘tkazilgan eksperimental tadqiqot ishlari natijasida yo‘l qoplamasi ravonligi IRI va PCI ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik qonuniyatlari aniqlandi.

3. Qoplama ravonligini 50, 60 va 70 km/soat tezliklarda lazerli profilometr va smartfonlar yordamida o‘lchangan qiymatlari solishtirilib ularning o‘zaro bog‘liqlik qonuniyatlari aniqlandi.

4. Tadqiqotlar natijasida qoplama haroratining 30 °C dan 60 °C ga ko‘tarilishi natijasida yo‘l to‘shamasining umumiy mustahkamligi 181 MPa ga, ya‘ni 24% ga kamayishi aniqlandi.

5. Amalga oshirilgan ta‘mirlash ishlarini yo‘l holatini o‘zgarishiga ta‘sirini tadqiq qilish orqali A373a, 4P12, 4P21, M39b avtomobil yo‘llarida qoplama ravonligining so‘nggi 6 yilda aniqlangan qiymatlari orasidagi farq 0 dan 7,2 m/km gacha oshganligi aniqladi.

6. Avtomobil yo‘llarining transport-ekspluatatsion ko‘rsatkichlari ma‘lumotlar bazasi asosida genetik algoritmlarni qo‘llash orqali yo‘l ta‘mirlash ishlarini rejalashtirish usuli takomillashtirildi.

7. Ishlab chiqilgan modelni qo‘llash orqali yo‘l tarmog‘ining holatini IRI ko‘rsatkichi bo‘yicha 3 yilda 4,7 dan 2,01 ga kamaytirishga erishish mumkinligi aniqlandi.

8. Avtomobil yo‘llarida ta‘mirlash ishlarini rejalashtirish va yo‘l holatini doimiy nazorat qilib borishda geoaxborot texnologiyalarini (QGIS dasturi) qo‘llash orqali yo‘l holatini ifodalovchi mavzuli xaritalar Toshkent viloyati yo‘l tarmog‘i misolida ishlab chiqildi.

9. Avtomobil yo‘llarini ta‘mirlash ishlarini rejalashtirishning takomillashgan usulini qo‘llashning iqtisodiy samaradorligi 1 km, 1b toifali avtomobil yo‘li uchun yo‘ldan foydalanuvchilar xarajatlarini kamaytirish hisobiga 1 yilda 9 169 457 000 so‘mni tashkil qilishi aniqlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.15/31.08.2022.Т.73.05 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

СОАТАЛИЕВ РАХИМЖОН РАХМОНЖОН ЎҒЛИ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПЛАНИРОВАНИЯ
РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ТРАНСПОРТНО-
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДОРОГ**

**05.09.02 - «Геотехника» (по направлениям дороги, цифровизация дорог и
безопасность дорожного движения. Дорожная телематика)**

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

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2022.3.PhD/T3186.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трех языках(узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайта (www.tstu.uz) и в информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу www.ziyonet.uz

Научный руководитель:

Уроков Аслидин Хушвактович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Касимов Иркин Умаралиевич
доктор технических наук, профессор

Салиханов Саид Салиханович
кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация:

Джизакский политехнический институт

Защита диссертации состоится “_____” _____ 2022 г. в ____ часов на заседании Научного совета PhD.15/31.08.2022.T.73.05 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167. г. Ташкент, улица Адылхожаев, 1. Тел./факс: (998-71) 277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентском государственном транспортном университете. (зарегистрирована №_____). (Адрес: 100167. г. Ташкент, улица Адылхожаев, 1. Тел./факс: (998-71) 277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Автореферат диссертации разослан “_____” _____ 2022 года.
(реестр протокола рассылки №___ от “_____” _____ 2022 года).

И.С.Садиков

Заместитель председатель научного совета по
присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

Р.М.Худайкулов

Ученый секретар научного совета по
присуждению ученых степеней,
PhD, профессор

И.С.Садиков

Председатель Научного семинара при
научном совете по присуждению
ученых степеней д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. При оценке и постоянном контроле транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог в мире особое внимание уделяется использованию современных ресурсосберегающих технологий, а также эффективному планированию ремонтных работ для поддержания их стоимости на уровне нормативных требований и оптимизации с учетом потребностей сети автомобильных дорог. В настоящее время в развитых странах "...из-за растущего спроса на транспорт формирование крупных дорожных сетей было типичным для 20-го века, когда предприятия по управлению автомобильными дорогами этих стран изменили основные стратегические задачи с проектирования и строительства новой дорожной инфраструктуры на эффективное планирование ремонтных и обслуживающих работ для поддержания состояния существующей дорожной сети в соответствии с требованиями участников дорожного движения"³. В этой связи особое внимание уделяется повышению эффективности плановых ремонтных работ, в том числе путем создания единой базы данных, содержащей транспортно-эксплуатационные показатели автомобильных дорог для планирования ремонтных работ, оценки транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог и моделирования их изменений под воздействием ремонтных работ.

В мире ведутся научные исследования, направленные на увеличение срока службы автомобильных дорог, в частности, на оптимизацию сроков выполнения ремонтных работ на дорогах, постоянную оценку транспортно-эксплуатационных показателей в процессе эксплуатации автомобильных дорог и совершенствование планирования ремонтных работ. В этом направлении приоритетными являются исследования, в том числе по моделированию процесса изменения дорожного состояния и планирования ремонтных работ с учетом влияния транспортных потоков и погодноклиматических факторов на такие транспортно-эксплуатационные показатели, как прочность дорожного покрытия, ровность дорожного покрытия и коэффициент сцепления.

В нашей республике реализуется широкий комплекс мероприятий по увеличению срока службы автомобильных дорог и улучшению их потребительских характеристик, разработке и внедрению новых технологий, которые будут способствовать повышению эффективности указанных ремонтных работ. В новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы определены задачи, в том числе по "совершенствованию дорожной инфраструктуры и ускоренному развитию сети автомобильных дорог"⁴. При реализации этих задач, в частности, важно увеличить срок службы автомобильных дорог за счет строительства и эффективной эксплуатации

³ <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/31891/applsci-08-01041.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁴ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning tarqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni.

существующих, отвечающих современным требованиям, в том числе создания базы данных, содержащей транспортно-эксплуатационные показатели дороги, а также эффективного планирования запланированного ремонта в условиях существующих бюджетных ограничений на основе алгоритмов оптимизации.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, определенных указом Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 “о новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы”, ПФ № 5890 “о мерах по глубокому реформированию системы дорожного хозяйства Республики Узбекистан”, Постановлением Президента Республики Узбекистан № 4545 “о мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления дорожной сферой” и другими нормативно-правовыми актами, касающимися данной деятельности.

Актуальность исследования для приоритетных направлений развития науки и техники в Республике. Исследования диссертационной работы соответствуют приоритетному направлению развития науки и техники Республики II “энергетика, энергия и ресурсосбережение, транспорт и приборостроение”.

Степень изученности проблемы. В Узбекистане и за рубежом проведен ряд научно-исследовательских работ по совершенствованию планирования ремонтных работ на автомобильных дорогах. Среди них зарубежом: Hudson W.R., Uddin W., George, K., Shahin, M.Y., LeClerc, R.V, Jeff Zavitski, Ralph Haas, Phillips, S.J., Ferreira A., Knepper, Siegfried, Fwa Tien Fang va Sinha, George, K.P., Kerali, Jain, Nima Kargah-Ostadi, Promoths Saha, Jorge A.P. и другими исследователями, в странах СНГ и Узбекистане Васильев А.П., Бабков В.Ф., Сильянов В.В., Бусел А.В., Красиков О.А., Косенко И.Н., Скворцов А.В., Похомов Д.М., Садиков И.С., Азизов К.Х., Уроков А.Х., Садиков Ж.И., Алимов Б.Р., Юнусов А.Г., Халмухамедов А.С. и др. проводили научные исследования.

В этих исследованиях недостаточно проведены исследования по эффективному и перспективному планированию ремонтных работ с учетом влияния видов работ в классификации ремонтных работ на повышение транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги.

Соответствие диссертационного исследования планам научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполнялась диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского государственного транспортного университета по инновационному направлению Ил-2020052616 “разработка технологии получения минерального порошка из сланцевых пород при производстве асфальтобетонов”, Ил-4821091606 “направленное регулирование реологических свойств асфальтобетонов, воспринимающих экстремальные транспортные нагрузки и температуру, в системе “Superpave”.

Целью исследования - совершенствование методики планирования ремонтных работ с использованием алгоритмов оптимизации на основе транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог.

Задачи исследования:

оценка транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог и анализ методов планирование ремонтных работ;

исследование транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог;

исследование влияния плановых ремонтных работ не позднее установленного срока на изменение транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог;

изучение влияния погодно-климатических факторов на изменение транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог;

совершенствование методики планирования ремонтных работ с использованием алгоритмов оптимизации и транспортно-эксплуатационных показателей автомобильной дороги;

разработка рекомендаций по использованию усовершенствованного метода и оценка его экономической эффективности.

В качестве объекта исследования принята сеть автомобильных дорог общего пользования Ташкентской области.

В качестве предметов исследования приняты транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги (прочность дорожного покрытия, ровность покрытия, качество сцепления и состав транспортного потока).

Методы исследования. В процессе исследования применялись методы эксперимента, системного и теоретического анализа, математической статистики, корреляционно-регрессионного анализа и моделирования, оптимизации, геопространственного анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Разработана математическая модель, представляющая закономерности взаимосвязи показателей индекса дорожного состояния (PCI), позволяющая оценить состояние дорожного покрытия по показателю Международного индекса ровности (IRI) и состояния дорожного покрытия на основе имеющихся в нем дефектов;

учитывая изменение ровности покрытия в зависимости от скорости измерения результатов, полученных при измерении с помощью лазерного профилометра и смартфона, были разработаны математические выражения, представляющие взаимосвязи между результатами, полученными на разных устройствах на скоростях 50, 60, 70 км/ч;

в процессе планирования краткосрочных и долгосрочных ремонтных работ на автомобильных дорогах обосновывается влияние плановых дорожно-ремонтных работ на улучшение транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог;

доказано снижение общей прочности дорожного покрытия, вызванное повышением температуры дорожного покрытия под воздействием погодно-климатических условий, выявлены закономерности взаимосвязи температуры дорожного покрытия и общей прочности дорожного покрытия;

усовершенствована методика планирования ремонтных работ с использованием транспортно-эксплуатационных показателей и алгоритмов оптимизации.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: разработаны рекомендации по определению транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог с использованием ресурсосберегающих методов и формированию базы данных для системы управления автомобильными дорогами;

рассмотрены возможности использования геоинформационных систем при контроле изменений транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог и планировании ремонтных работ на примере дорожной сети Ташкентской области;

оценена практическая значимость и экономическая эффективность использования усовершенствованного метода планирования ремонтных работ с использованием генетических алгоритмов на основе транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог;

разработаны рекомендации по применению усовершенствованного метода в управлении республиканской дорожной сетью.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования основана на том, что исследование проводилось с использованием унифицированной методики и современных и высокоточных цифровых измерительных средств, измерение и анализ транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог проводились на основании правил математического моделирования, сходство результатов теоретического и практического исследования объясняется тем, что результаты, полученные при использовании модели планирования технического обслуживания, согласуются с результатами аналогичных моделей.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в том, что изучены закономерности взаимозависимости транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог, изучено влияние различных ремонтных работ на изменение состояния дорог, выявлены транспортно-эксплуатационные показатели. Изучено и объясняется совершенствование метода планирования ремонтных работ с использованием генетических алгоритмов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в создании базы данных, включающей транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги для эффективной организации ремонтных работ при эксплуатации автомобильных дорог, прогнозирования изменения состояния дорог, дорожной сети. Это объясняется оптимизацией ремонтных работ с целью улучшения состояния общей дорожной сети и тем самым обеспечения нормального состояния дорожной сети.

Внедрение результатов исследования. По результатам исследований по совершенствованию метода планирования ремонтных работ на основе транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог:

закономерности взаимосвязи показателей ровности покрытия и индекса дорожного состояния (PCI) на автомобильных дорогах общего пользования внедрены в практику на предприятиях, подведомственных Комитету по автомобильным дорогам (справка комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 21 октября 2022 года № 03-3523). В результате создается возможность эффективного планирования ремонтных работ исходя из состояния имеющихся дефектов на дороге на основе показателя ровности покрытия.

закономерности изменения ровности покрытия под влиянием скорости измерения результатов, полученных в различных измерительных приборах, внедрены в практику на предприятиях, подведомственных Комитету по автомобильным дорогам (справка комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 21 октября 2022 года № 03-3523). В результате, путем оперативной оценки ровности покрытия и эффективного планирование ремонтных работ на автомобильных дорогах с использованием ресурсосберегающих методов удалось сэкономить 20% средств, затрачиваемых на ремонтные работы.

определено влияние запланированных дорожно-ремонтных работ на изменения транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог, внедрено в практику на предприятиях, подведомственных комитету автомобильных дорог (справка комитета автомобильных дорог при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 21 октября 2022 года №. 03-3523). В результате появилась возможность разрабатывать однолетние и многолетние планы ремонта автомобильных дорог и контролировать изменение транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог посредством выполнения работ по этому плану.

закономерности изменения транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог под влиянием погодно-климатических условий внедрены в практику на предприятиях, подведомственных комитету автомобильных дорог (справка Комитета автомобильных дорог при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 21 октября 2022 года № 03-3523). В результате, на основе данных о максимальных температурах асфальтобетонных покрытий по Республике Узбекистан разработаны рекомендации по предотвращению возникновения пластических деформаций, а также достигнуто повышение срока службы дорожного покрытия на 3-5 лет.

усовершенствованный метод планирования ремонтных работ с применением алгоритмов оптимизации, внедрен в практику на предприятиях, подведомственных Комитету по автомобильным дорогам (справка Комитета автомобильных дорог при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 21 октября 2022 года № 03-3523). В результате создается возможность эффективного планирования ремонтных работ даже при бюджетных ограничениях, исходя из динамики изменения транспортно-

эксплуатационных показателей автомобильных дорог, достигается экономия расходуемых средств до 30-35%.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были представлены и обсуждены на 3 международных (в том числе на 1 конференции, входящей в базу “Scopus”) и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования.

Всего по теме диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе 7 статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций ВАК РУз, из них 4 опубликованы в национальных и 3 зарубежных журнала. Также выданы авторские свидетельства на 2 программы ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и необходимость исследования, уровень изученности проблемы, ее соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники республики, цели и задачи, объекты и предметы исследования. описаны методы исследования, научная новизна исследования, показаны результаты исследования, научная и практическая значимость, внедрение результатов исследования, связь диссертационного исследования с исследовательскими планами вуза, в котором диссертации, утверждение результатов исследования, публикация результатов исследования и информация о структуре диссертации.

В главе диссертации «современное состояние проблемы, цели и задачи исследования» проанализировано современное состояние сети автомобильных дорог общего пользования Республики Узбекистан, существующие методы оценки транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог, существующие методы планирования ремонтных работ сети автомобильных дорог, современные средства измерения транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог и методы проведения измерений.

В настоящее время единственная официальная информация о состоянии дорожной сети Узбекистана представлена на официальном сайте Комитета автомобильных дорог при министерстве транспорта. Согласно этим данным, на сегодняшний день в республике насчитывается 209 469 км автомобильных дорог, плотность дорожной сети составляет 47 км на каждые 100 км² площади. Сеть автомобильных дорог состоит из автомобильных дорог общего пользования (42869 км), внутрихозяйственных (141882 км) и ведомственных (24745 км). В период с 1991 по 2022 год были внесены серьезные изменения в сеть: по состоянию на 1 января 1991 года протяженность дорожной сети

общего пользования составляла 39 828 километров, а к 2022 году эта цифра достиг 42 869 километров.

За последние 10 лет на строительство, реконструкцию, ремонт и содержание автомобильных дорог общего пользования из государственного бюджета затрачено около 32 трлн сумов. С учетом того, что средняя ставка рефинансирования ЦБ в 2013-2022 гг. составляет 12,3%, объем средств, направляемых на развитие автомобильных дорог общего пользования, по годам по сравнению с 2013 г. будет снижаться, а не увеличиваться.

Согласно исследованиям, проведенным сегодня рядом авторов, в данных о состоянии дорожной сети общего пользования Республики приводится тот факт, что неисправные дороги составляют 65-70% от общей дорожной сети. Однако, согласно анализу официальных данных, предоставленных комитетом по единой технической политике в области автомобильных дорог, этот показатель составляет 17%, а также указано, что из имеющихся в республике 141882 км внутрихозяйственных дорог 74219 км (52%) находятся в ремонтном состоянии.

В нормативных документах и ряде литературы, действующих в странах СНГ, а также в Узбекистане, можно видеть, что оценка транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог осуществлялась на уровне соответствия принятых транспортно-эксплуатационных показателей нормативным требованиям, исходя из потребительского характера дороги. В этом методе в качестве интегрального показателя выбирается скорость движения (v), имеющая взаимосвязь со всеми основными транспортно-эксплуатационными показателями, и коэффициент обеспеченности расчетной скоростью ($K_{p.c.}$) выражается в виде.

Существующие методы оценки транспортно-эксплуатационных показателей дороги трудоемки и ресурсоемки. На основе этих методов невозможно одногодичное и многолетнее планирование работ по дорожной сети. Необходимо совершенствовать методику оценки состояния дорожной сети путем определения транспортно-эксплуатационных показателей, необходимых для эффективной организации работ по ремонту автомобильных дорог с учетом условий Узбекистана.

Во второй главе диссертации, «исследование транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог», представлены результаты исследования таких транспортно-эксплуатационных показателей, как интенсивность движения и состав транспортных потоков на автомобильных дорогах, коэффициент сцепления дорожного покрытия, ровность дорожного покрытия, прочность дорожной одежды.

По результатам исследования 52 % (23,4 км) протяженности автомобильной дороги А373а, 20,2 % (4,4 км) протяженности автомобильной дороги 4Р21, 12,7 % (9,5 км) протяженности автомобильной дороги 4Р12, 28,2 % (13,3км) протяженности автомобильной дороги 4Р2, 35 % (23,5 км) протяженности автомобильной дороги М39б признаны не соответствующими требованиям норматива ровности дорожного покрытия. Несоответствие ровности дорожного покрытия нормативным требованиям приводит к

ухудшению потребительских характеристик дороги, а также превышение допустимого предела ровности дорожного покрытия приводит к увеличению затрат на пользование транспортом.

Для определения фактического состояния ровности дорожного покрытия на основе показателей, измеренных на объектах исследования, была построена следующая кривая распределения ровности дорожного покрытия (рис. 1).

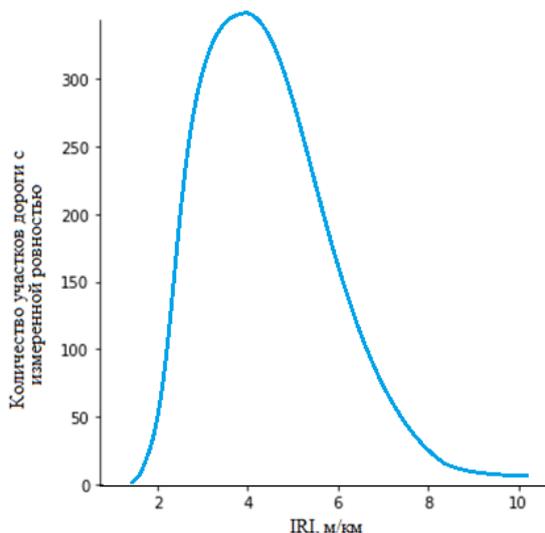
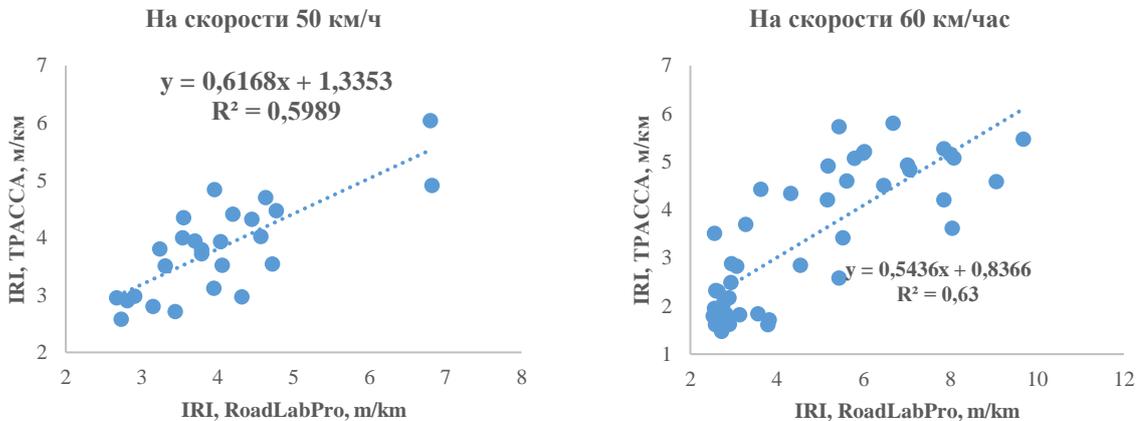
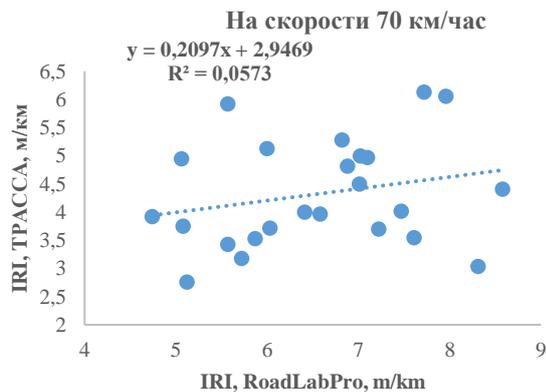


Рисунок 1. Кривая распределения ровности покрытия по IRI



а)

б)



в)

Рисунок 2. Корреляция между лазерным профилометром дорожной лаборатории TRASSA и параметрами ровности, определенной с помощью программы RoadLabPro, установленной на смартфоне Samsung A31.

Из кривой распределения, представленной на рис. 1, по показателю ровности, определенному в 2560 измерениях на каждом 100-метровом участке автомобильных дорог общей протяженностью 256 км, обозначенных как объекты исследования, видно, что результаты больше всего попадают между 3,0 м/км и 5,0 м/км.

Испытания проводились на исследовательских объектах с использованием RoadLabPro, одной из широко используемых в настоящее время технологий определения ровности дорожного покрытия. При этом показатели ровности дорожного покрытия, определенные на скоростях 50, 60 и 70 км/ч с помощью RoadLabPro, сравнивались с показателями ровности, определенными с помощью мобильной дорожной лаборатории «ТРАССА» на этих объектах.

На рисунке 2 выше показаны регрессионные отношения между показателями ровности при разных скоростях и на разных устройствах. При этом видно, что корреляция между показателями ровности, определяемыми при скорости 70 км/ч, является слабой корреляцией по сравнению с корреляцией показателей, определяемых при скорости 50 и 60 км/ч. Основная причина этого заключается в том, что значения стандартного отклонения вертикального ускорения в мобильной дорожной лаборатории «ТРАССА» при движении со скоростью 70 км/ч выше, чем при движении со скоростью 50 и 60 км/ч. (Рис. 3).

По видеоматериалам автомобильных дорог, полученным в дорожной лаборатории «ТРАССА», оценивался показатель PCI и определялись закономерности связи этого показателя с ровностью дорожного покрытия.

В таком случае для правильной оценки состояния дороги и выбора вида ремонтных работ необходим показатель, отражающий распространение дефектов дорожного покрытия. Одним из таких показателей является PCI (ИСД - индекс состояния дорог).

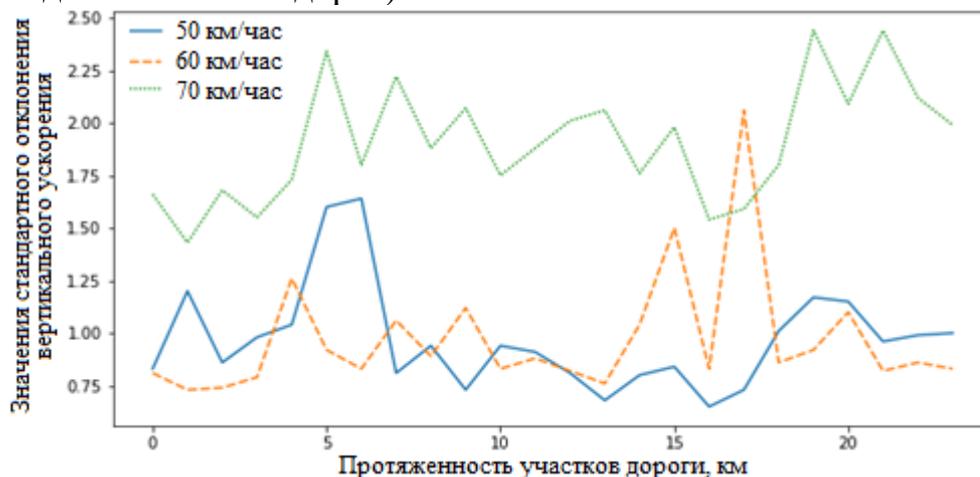


Рисунок 3. Значения стандартных отклонений вертикального ускорения в салоне передвижной дорожной лаборатории “Трасса” на разных скоростях.

Индикатор PCI оценивается по шкале от 0 (плохо) до 100 (отлично) в соответствии со стандартом ASTM D6433-07 В зависимости от состояния существующих дефектов проезжей части (трещины, канавки, износ, деформации колес и т.д., всего по 19 типам дефектов). Используя взаимосвязь между показателем IRI и показателем PCI плавности покрытия, можно будет оценить степень развития дефектов на проезжей части, а также определить тип необходимого ремонта.

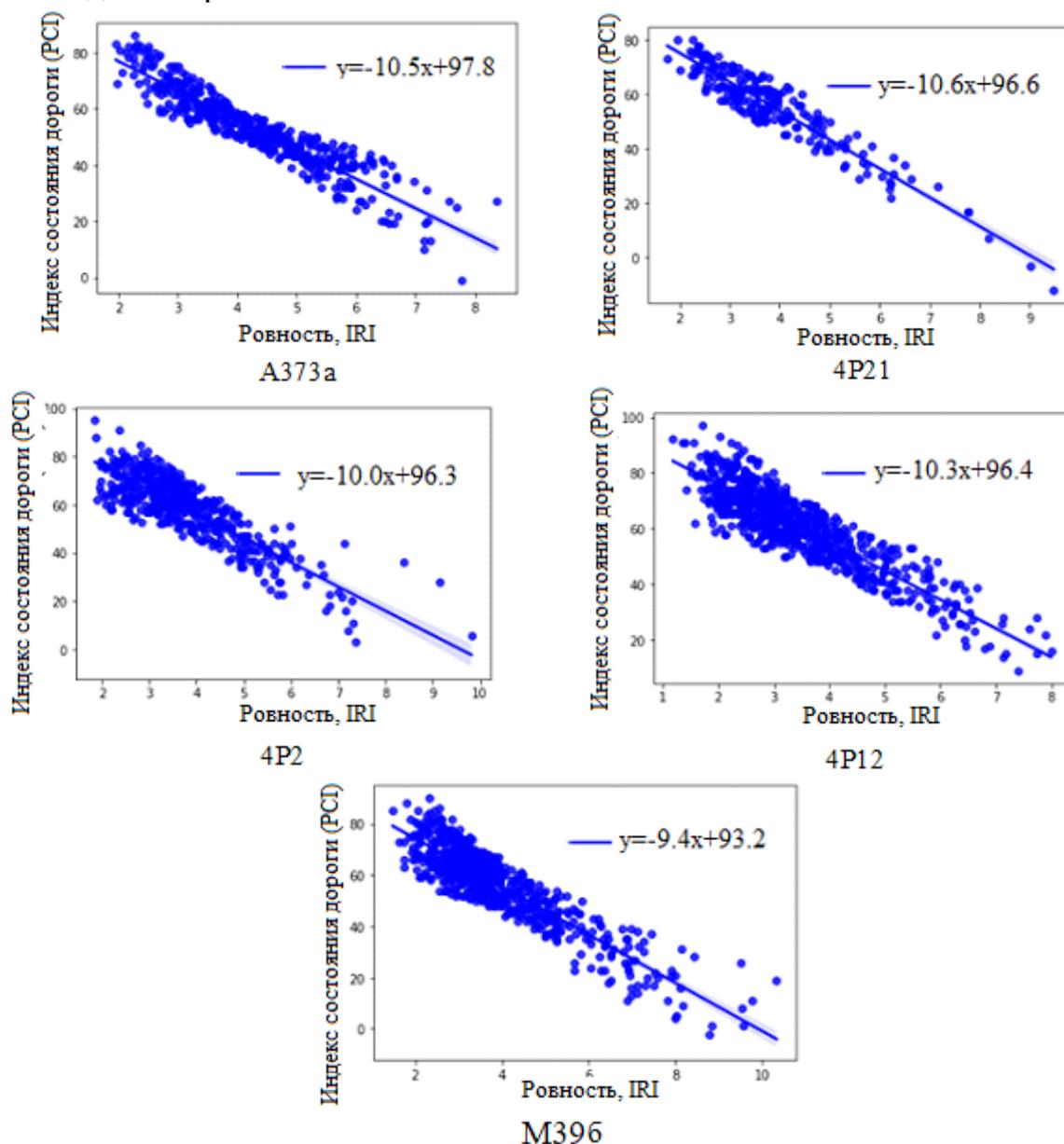


Рисунок 4. Графики взаимосвязи между ровности покрытия по IRI и показателями PCI.

Из данных по интенсивности и составу транспортных потоков, выявленных на объектах исследования, видно, что доля грузовых автомобилей в структуре транспортных потоков составляет 28% на автомагистрали А373а, 25% на автомагистрали М396, 19% на автомагистрали 4P2, 15% на автомагистрали 4P21.

Было исследовано влияние грузовых автомобилей в структуре транспортного потока на транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги. При этом была выявлена взаимосвязь между долей грузовых автомобилей в составе потока по объектам исследования и долей участков дорог с неудовлетворительными транспортно-эксплуатационными показателями по отношению к общей протяженности дороги (рис.5).

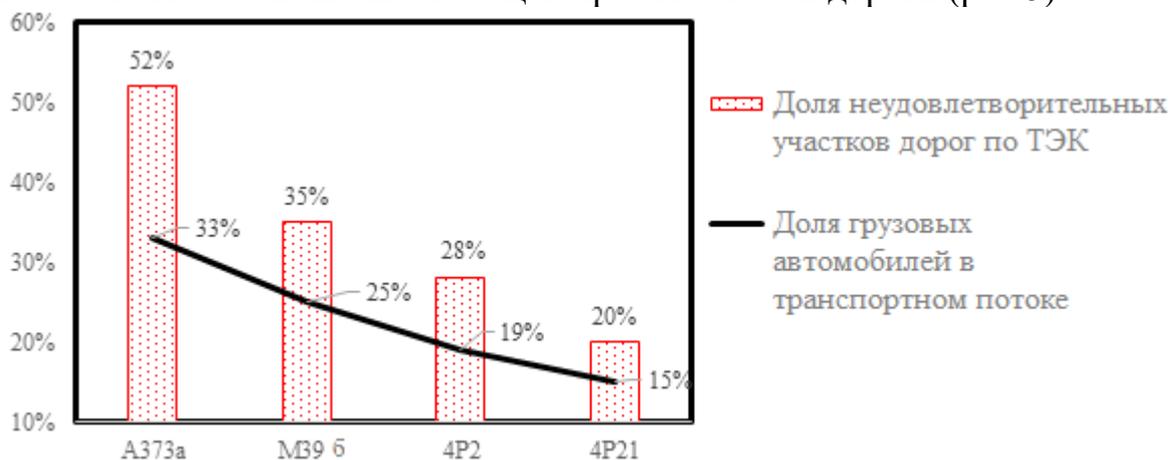


Рисунок 5. График взаимосвязи доли грузовых автомобилей в структуре транспортного потока и участков дорог, транспортно-эксплуатационные показатели которых неудовлетворительны.

Из рисунка 5 видно, что высокая доля грузовых автомобилей в структуре транспортных потоков на автомобильных дорогах является причиной неудовлетворительных эксплуатационных показателей транспорта на этих дорогах.

Коэффициент сцепления дорожного покрытия определяли с помощью прибора ПКРС-3 “Метрика” дорожной лаборатории “Трасса”. В результате проведенных исследований было выявлено большое количество участков дороги, с величиной коэффициента сцепления покрытия которых не соответствует требованиям установленных норм. На автомобильной дороге М39б много участков дороги с неудовлетворительным коэффициентом сцепления покрытия, установлено, что движение по данной автомобильной дороге опасно для транспортных средств и высока вероятность дорожно-транспортных происшествий (рис. 6).

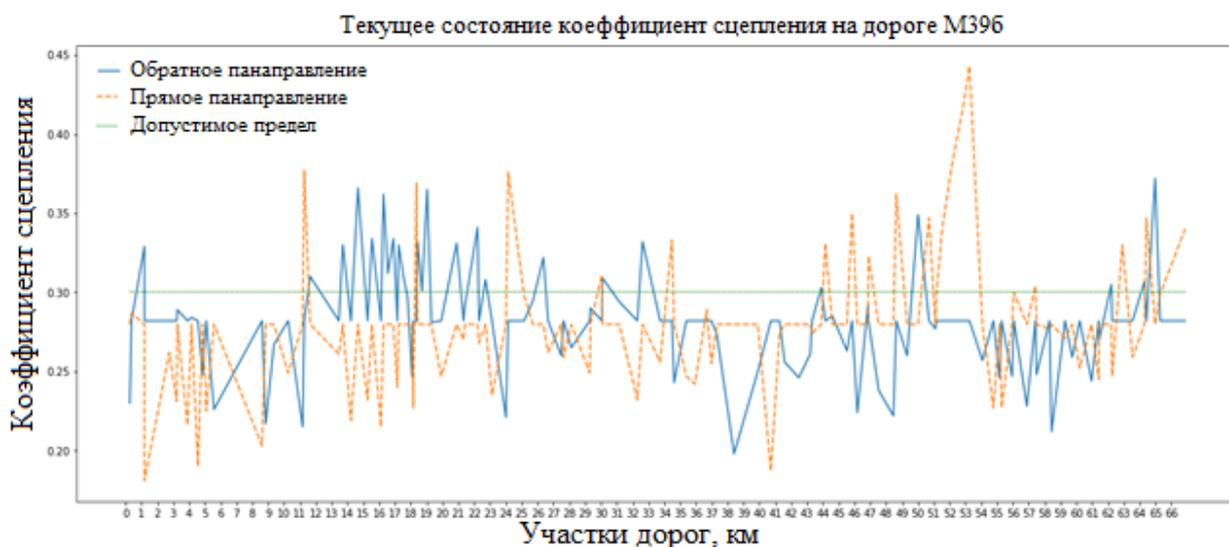
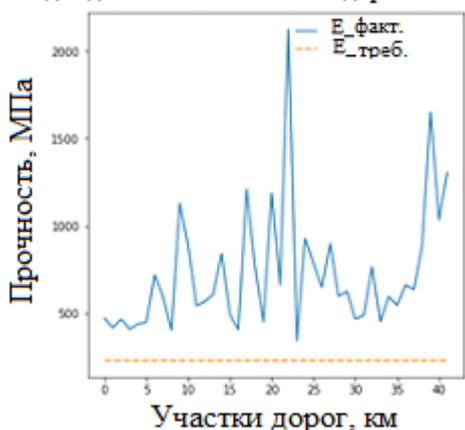


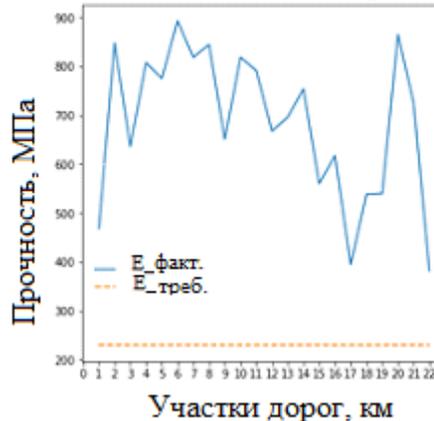
Рисунок 6. График оценки коэффициента сцепления покрытия на автомобильной дороге М396.

При планировании ремонтных работ по дорожной сети удастся улучшить состояние дороги и повысить безопасность движения путем выявления участков дороги с неудовлетворительными транспортно - эксплуатационными показателями и своевременного определения необходимого вида ремонта.

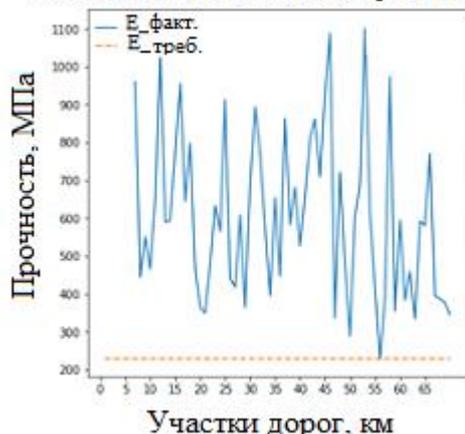
Текущее состояние прочности дорожного одежды на автомобильные дороге А373а



Текущее состояние прочности дорожного одежды на автомобильные дороге 4Р21



Текущее состояние прочности дорожного одежды на автомобильные дороге 4Р12



Текущее состояние прочности дорожного одежды на автомобильные дороге 4Р2

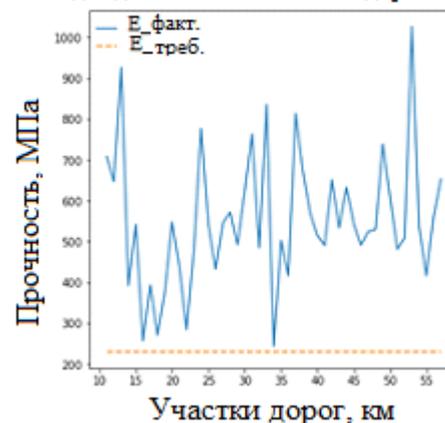


Рисунок 7. График показателей прочности дорожного покрытия, выявленных на объектах исследования.

Прочность дорожного покрытия на объектах исследования определяли с помощью прибора DINA 4 FWD дорожной лаборатории “Трасса”. Значения суммарного модуля упругости дорожного полотна определяли с помощью значений упругого изгиба дорожного полотна и температуры покрытия, определяемых прибором DINA 4 FWD (рис. 7).

В Ташкентской области в результате исследований, проведенных в воздушно-климатических условиях, установлено, что температура дорожного покрытия в летние периоды при температуре воздуха выше +30 °С превышает 58-60 °С. С целью изучения влияния изменения (повышения) температуры покрытия на прочность дорожного покрытия были проведены исследовательские работы на автомагистрали 4р2. В результате проведенных экспериментальных исследований выявлена следующая закономерность взаимосвязи (рис.8).

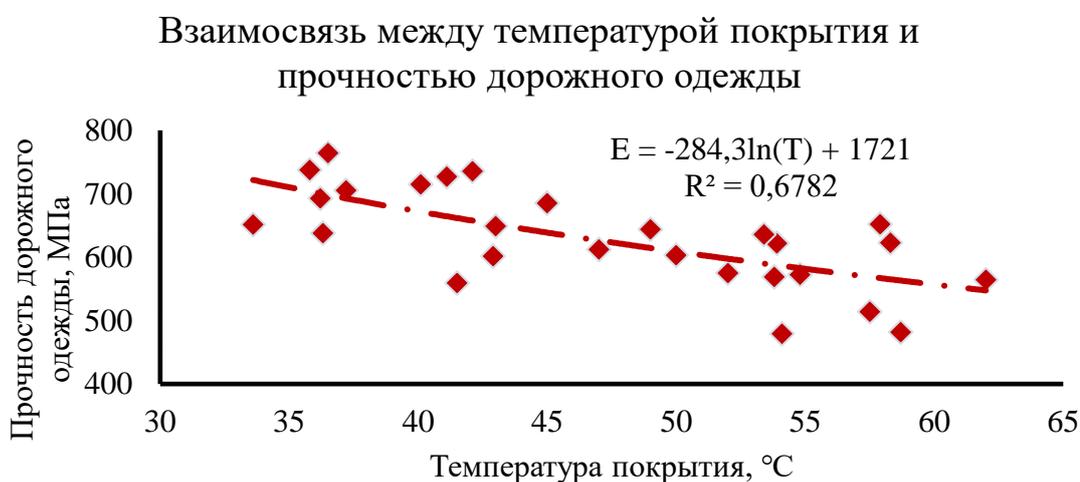


Рисунок 8. Закон взаимосвязи температуры покрытия и прочности дорожного покрытия.

Уравнением, определенным на основании закона зависимости, представленного на приведенном графике (рис.8), установлено, что для случаев, когда температура покрытия равна 30 °С и 60 °С, расчетные показатели модуля упругости дорожного одежды равны соответственно 753 и 572 МПа, а разница между ними составляет 181 МПа, то есть определено уменьшение на 24%.

В третьей главе диссертации на тему “Совершенствование метода планирования ремонтных работ автомобильных дорог” представлены результаты оценки влияния своевременного ремонта автомобильных дорог на изменение дорожной обстановки, применения оптимизационных алгоритмов при планировании дорожно-ремонтных работ, совершенствования метода планирования ремонтных работ автомобильных дорог, применения геоинформационных систем при планировании ремонтных работ на основе транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог.

По результатам исследований, проведенных в период с 2016 по 2022 год, стало известно, что в результате неэффективной организации ремонтно-эксплуатационных работ автомобильных дорог можно увидеть увеличение показателя текучести покрытия (рис. 9). При анализе значений ровности покрытия на объектах исследования, выявленных в период 2016-2022 гг., установлено, что разница между значениями колеблется от 0 до 7,2 м/км. Разница между средними значениями ровности покрытия на этих дорогах за последние 6 лет составляет 1,0-1,4 м/км. Из этого следует, что показатель ровности покрытия возрастал из года в год (рис.9).

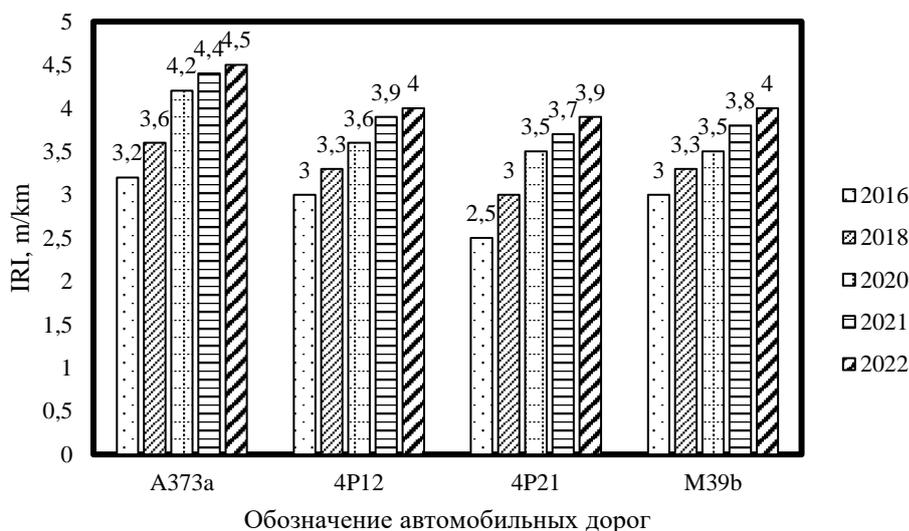


Рисунок 9. Динамика изменения ровности покрытия в объектах исследования в период 2016-2022 гг.

Научные работы по применению вопросов оптимизации при планировании работ по ремонту автомобильных дорог за рубежом и в Узбекистане выполнена рядом исследователей. В этих работах можно увидеть применение линейного и нелинейного программирования, динамического программирования и аналогичных алгоритмов оптимизации при планировании ремонтных работ. Проведенные исследования показывают, что при совершенствовании метода планирования работ по ремонту автомобильных дорог целесообразно использовать генетические алгоритмы. На рисунке 10 представлена блок-схема работы генетических алгоритмов.

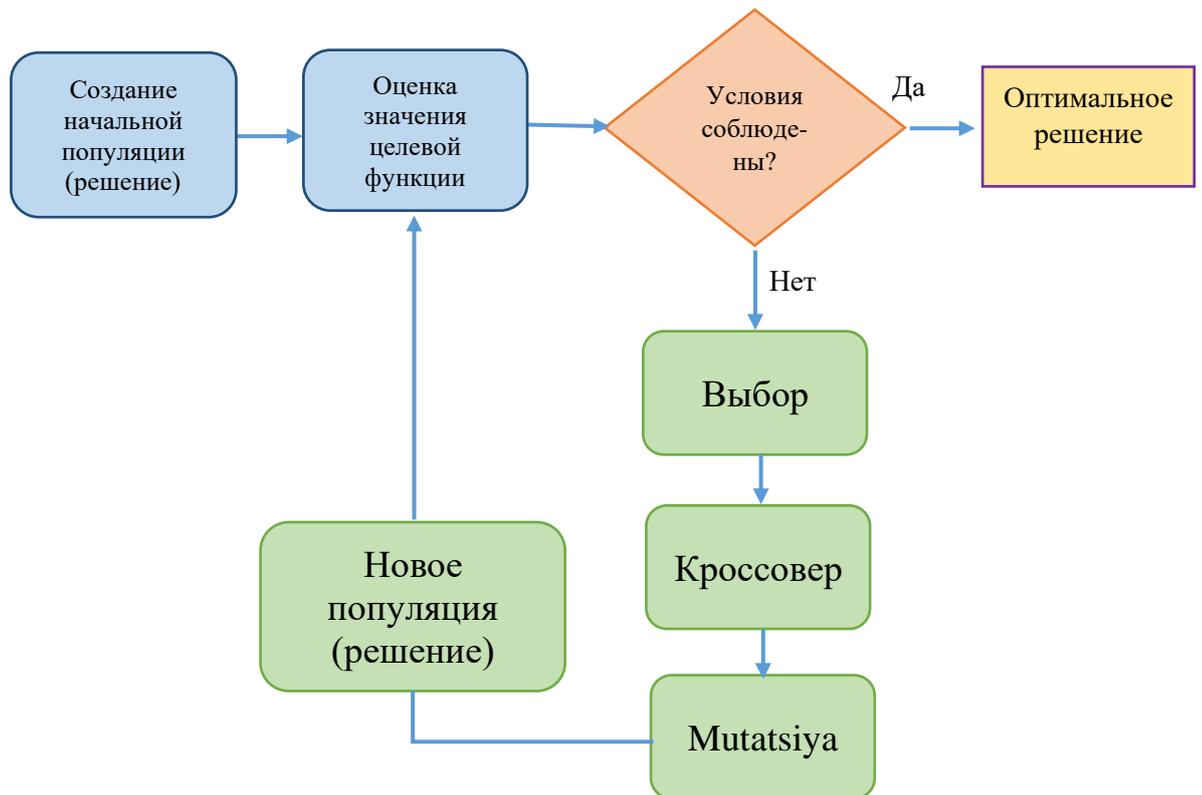


Рисунок 10. Блок-схема работы генетических алгоритмов.

В блок-схеме работы генетических алгоритмов начальным этапом является создание исходной популяции. Для этого необходимо выполнить следующую кодировку для рассматриваемого выше случая (рис.11).

Годы	1	2	3	4	...	T
Вид ремонта	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	...	X_{1t}

Годы	1	2	3	4	...	T
Вид ремонта	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	...	X_{2t}

Годы	1	2	3	4	...	T
Вид ремонта	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	...	X_{3t}

	...					
Годы	1	2	3	4	...	T
Вид ремонта	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}	X_{i4}	...	X_{it}

Рисунок 11. Кодирование окончательного решения (создание начальной совокупности) для модели оптимизации.

где: X_{it} - i – на дороге, t – тип ремонта в году. X_{it} присваивается одно из значений, равное 1, 2, 3, путем целочисленного кодирования типов восстановления соответственно.

На следующем этапе проводится оценка вышеуказанного решения по сети с указанием целевой функции и соответствующих условий. Целевая функция должна быть определена таким образом, чтобы она содержала все ограничения в реальных условиях (бюджетные, минимальные пределы транспортно-эксплуатационных показателей и т.д.) и должна участвовать в

поиске конечного результата. Определение целевой функции осуществляется путем минимизации указателя, представляющего состояние пути, с учетом установленных бюджетных ограничений.

Целевая функция, представляющая состояние дороги, будет выглядеть следующим образом:

$$M_{\text{сост. дороги}} = \sum_{t=1}^T \frac{1}{T} IRI_{it} \rightarrow \min \quad (1)$$

Чтобы найти наименьшее значение целевой функции, должны быть выполнены следующие условия:

$$\sum_{i=1}^I X_{it} \leq B_t, \quad (2)$$

$$IRI_{it} \leq IRI_{max} \text{ или } IRI_{it} \leq 4,5 \quad (3),$$

$$IRI_{it} \geq 1,5 \quad (4)$$

$$IRI_{it} = IRI_{i(t-1)} + \Delta IRI_k \quad (5)$$

Где: IRI_{it} и $IRI_{i(t-1)}$ значения Международного индекса ровности в t и $(t-1)$ году соответственно, X_{it} – i – на дороге t – сумма затрат на ремонт за год, B_t – t – общая сумма бюджета, выделяемая на ремонтные работы в году, ΔIRI_k – k – снижение международного индекса ровности (IRI) в результате выполнения типа ремонта. Выражения (3) и (4) устанавливают пределы для наивысшего и наименьшего допустимых значений IRI.

Этот процесс был протестирован на выбранной дорожной сети на основе последовательности и условий, описанных выше. Для выполнения базовых вычислений использовался пакет Solver от Microsoft Excel и язык программирования Python.

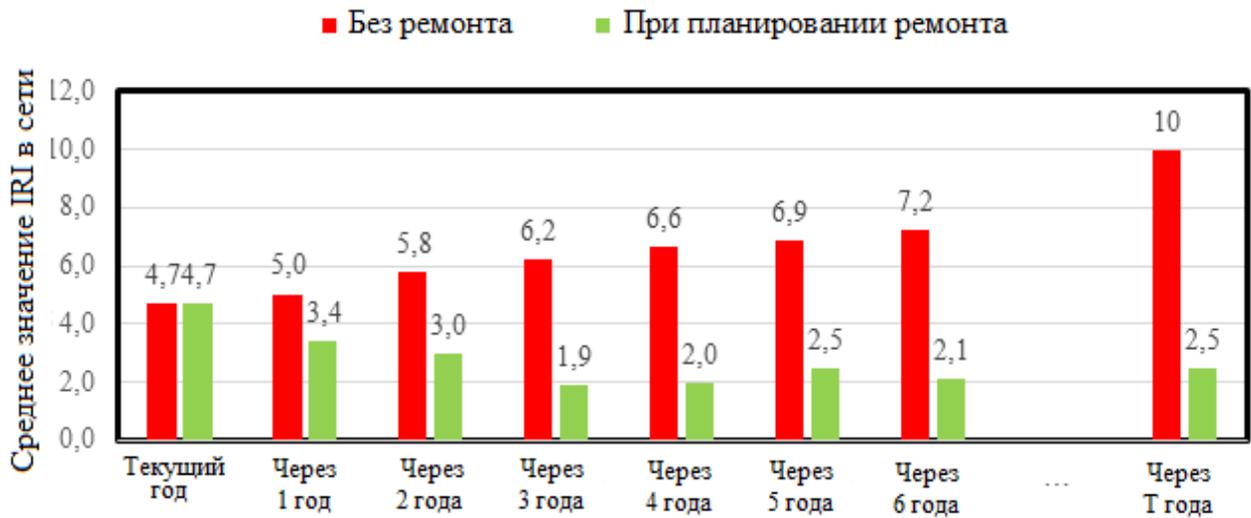


Рисунок 12. Изменение ровности дорожного покрытия в результате планирования ремонтных работ.

Среднее значение ровности дорожного покрытия по выбранной дорожной сети составляет 4,7 к состоянию на текущий год. Известно, что этот показатель будет равен 7,2 через 6 лет, если его определить по закону, приведенному в выражении 5, когда не было проведено никаких ремонтных работ (Рис. 12). Применяя усовершенствованный метод планирования ремонтных работ, удастся довести показатель беглости дорожного покрытия до значения 2,1 (Рис. 12, табл. 1).

Таблица 1

Автомобильная дорога	Ремонтные работы, выполненные в разные годы на разных дорогах							
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	.....	T год
1	2	1	1	1	1	1	.....	X_{1t}
2	2	1	1	1	1	1	.....	X_{2t}
3	2	1	1	1	2	1	.....	X_{3t}
4	2	2	1	1	1	1	.....	X_{4t}
5	3	1	1	1	2	1	.....	X_{5t}
6	2	2	1	1	1	1	.....	X_{6t}
7	3	1	2	1	1	1	.....	X_{7t}
8	2	1	1	1	2	1	.....	X_{8t}
9	2	1	2	1	1	1	.....	X_{9t}
10	2	1	1	2	1	1	.....	X_{10t}

Примечание: 1 – содержание, 2 – текущий ремонт, 3 – капитальный ремонт

На основе генетических алгоритмов можно будет разработать краткосрочный и долгосрочный план планирования работ по ремонту автомобильных дорог с использованием усовершенствованного метода. Это приведет к снижению среднего значения IRI с 4,7 до 1,9 в течение первых 3 лет действия плана по сети автомобильных дорог.

Нормативными документами установлены теоретические межремонтные сроки дорожной одежды и покрытия. Эти межремонтные сроки невозможно обеспечить без эффективной организации дорожно-ремонтных работ в сложившихся условиях. Благодаря эффективной организации ремонтных работ можно добиться максимального улучшения состояния дорожной сети даже в условиях ограниченного бюджета. Это требует совершенствования метода планирования ремонтных работ на основе генетических алгоритмов. По результатам исследований разработан усовершенствованный метод планирования работ по ремонту автомобильных дорог. На рисунке 13 представлена блок-схема усовершенствованного метода планирования работ по ремонту автомобильных дорог.

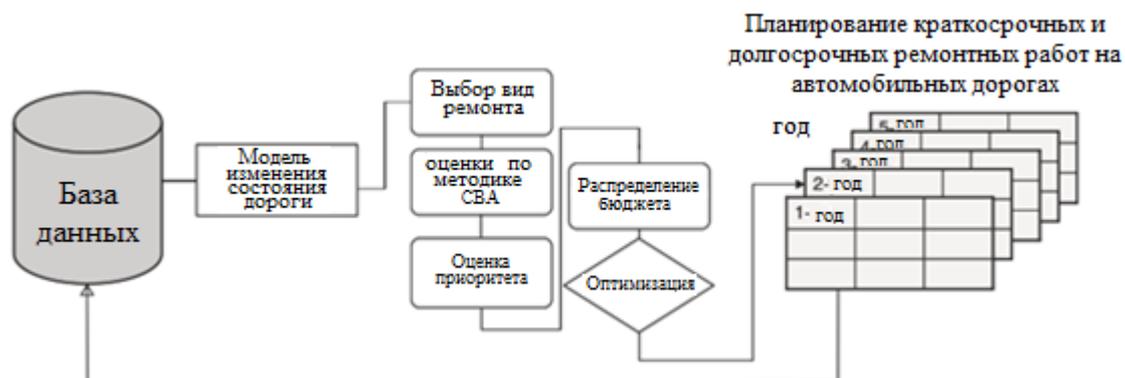


Рисунок 13. Усовершенствованный метод планирования работ по ремонту автомобильных дорог блок-схема.

База данных является основной частью PMS, в ней хранятся данные по транспортно-эксплуатационным характеристикам дороги и дорожных сооружений, их геометрическим размерам, индексу состояния дороги и выполняемым ремонтным работам на дороге. Работа этого алгоритма блок-схемы была проверена на 10 дорожных примерах, состоящих из различных транспортных эксплуатационных показателей.

На этапе модели прогнозирования состояния дороги на основе многолетних данных разрабатывается модель прогнозирования, связывающая транспортно-эксплуатационные показатели дороги с определенным общепринятым интегральным показателем, а на этапе планирования ремонтных работ эта модель используется. Эта модель в общем случае будет выглядеть следующим образом.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (6)$$

где: y – интегральным показателем является IRI (ровность) на его месте, PCI (индекс дорожного состояния), PSI (индекс исправности дороги), $E_{\text{общ}}$ прочность, v - скорость и тому подобное можно получить;

x_1, x_2, \dots, x_n – другие факторы, влияющими на величину интегрального показателя, могут быть, например, возраст дорожного покрытия, интенсивность движения, различные дефекты, погодно-климатические факторы, качество строительства и другие.

На этапе выбора вида ремонта на основе измеренных и прогнозируемых эксплуатационных показателей движения транспорта автомобильной дороги определяются участки дороги, нуждающиеся в ремонте по сети, и по этим участкам дороги определяются в первую очередь виды ремонта, в которых они нуждаются.

На этапе оценки по методике “расход-прибыль” (Cost Benefit Estimation) оцениваются затраты на выбранные ремонтные работы по каждому участку дороги и прибыль от выполнения работ по данному виду ремонта, т. е. снижение эксплуатационных расходов транспорта, продление срока службы дороги.

На этапе расстановки приоритетов отдельная расстановка приоритетов устанавливается при выборе вида ремонта отдельных путей внутри сети. При расстановке приоритетов основывается на интенсивности движения по автомагистралям или на функциональной классификации автомагистралей.

На этапе распределения бюджета выделяются годовые и многолетние плановые средства на выбранные с учетом приоритета виды ремонта, направленные на максимизацию состояния дорожной сети в целом. В свою очередь, с учетом бюджетных ограничений общий объем выделяемых средств сводится к минимуму. Поиск эффективного решения для этих двух целевых функций, ориентированных на минимизацию и максимизацию, осуществляется на следующем этапе.

Стадия оптимизации направлена на определение окончательного решения, т. е. эффективной стратегии проведения годичных или многолетних

ремонтных работ, решение поставленной задачи на этой стадии находится с применением алгоритмов оптимизации (рис.14).

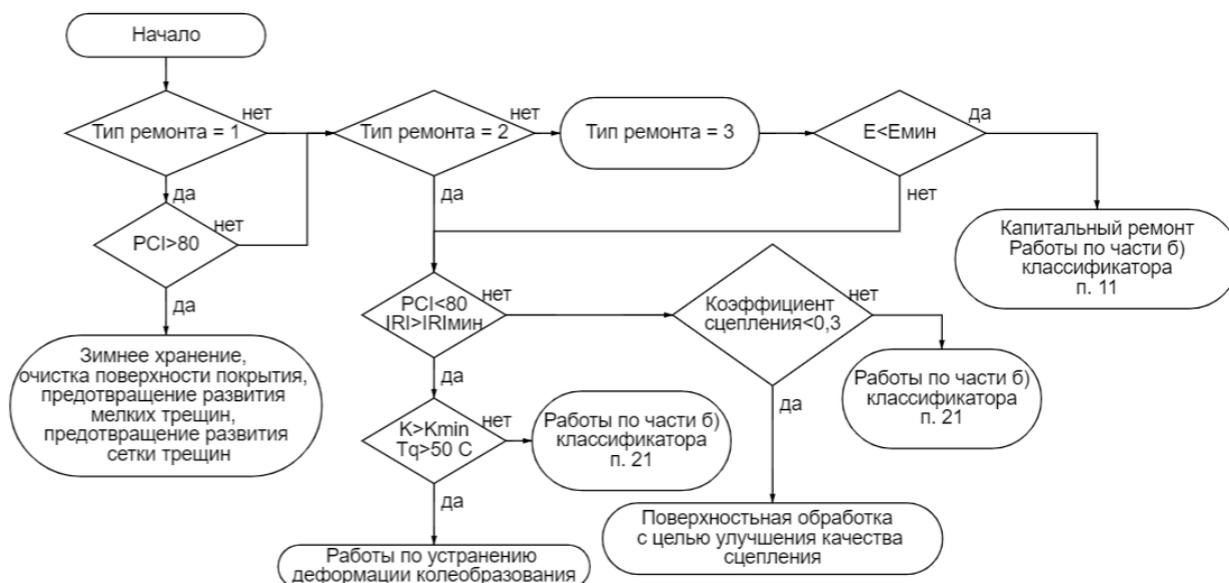


Рисунок 14. Блок-схема алгоритма определения вида ремонта на основе воздушно-климатических условий и транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог Узбекистана.

С использованием базы данных, собранной по дорожной сети Ташкентской области, разработаны тематические карты с использованием геоинформационных систем по таким транспортно-эксплуатационным показателям, как ровность покрытия, прочность дорожного покрытия, качество покрова. Разработанные тематические карты используются при планировании работ по ремонту автомобильных дорог.

В четвертой главе диссертации, под темой “Применение усовершенствованного метода при планировании работ по ремонту автомобильных дорог и оценка его экономической эффективности”, представлены результаты, касающиеся разработки рекомендаций по применению усовершенствованного метода ремонта автомобильных дорог в условиях Ташкентской области и оценки экономической эффективности разработанных рекомендаций.

На основе проведенного анализа, результатов проведенных теоретических и практических исследований разработан усовершенствованный метод планирования ремонтных работ транспортных эксплуатационных показателей автомобильных дорог. Для повышения эффективности данного метода требуется формирование базы данных о состоянии автомобильных дорог. При формировании базы данных наряду с транспортно-эксплуатационными показателями автомобильной дороги необходимо собирать данные о выполненных ремонтных работах на участках дорог. База данных автомобильных дорог организована по следующему алгоритму (рис.15).

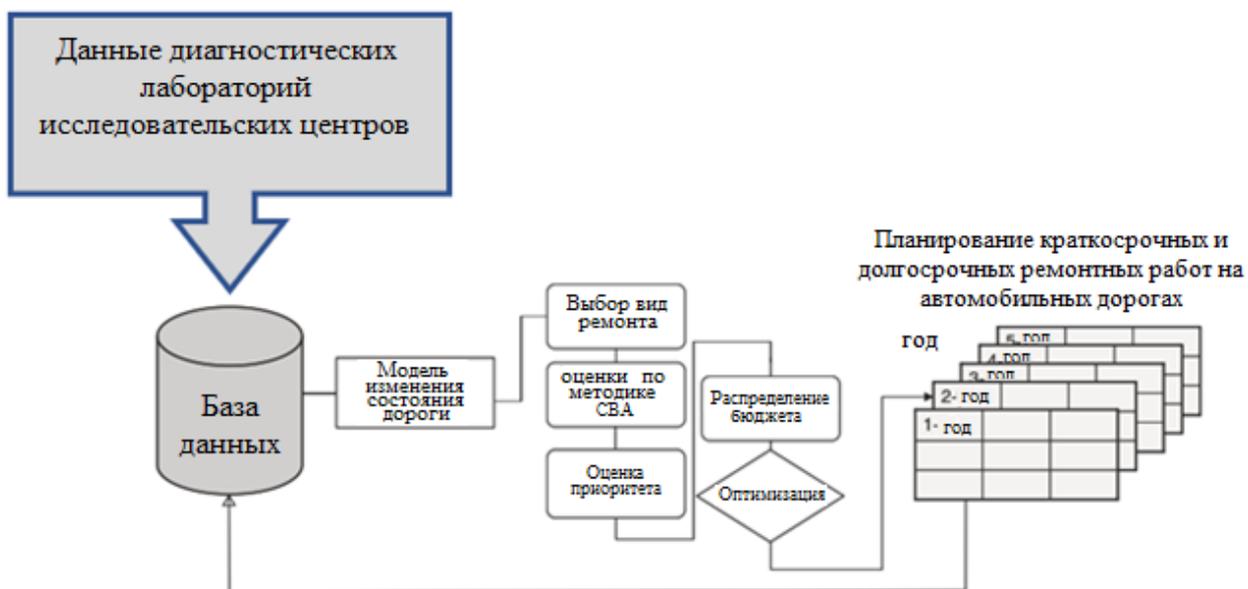


Рисунок 15. Усовершенствованным методом планирования работ по ремонту автомобильных дорог является блок-схема.

Усовершенствованный метод планирования ремонтных работ заключается в постоянном контроле за состоянием сети, своевременном планировании необходимых ремонтных работ.

В качестве примера можно привести изменение транспортно-эксплуатационных показателей выбранной для планирования ремонтных работ автомобильной дороги до и после ремонта (табл.2).

Таблица 2

№	Наименование транспортно-эксплуатационного показателя	Перед ремонтом	После ремонта (1 год)*
1	IRI (Международный индекс ровности)	4,72	1,90
2	PCI (Индекс состояния дороги)	48,2	76,2
3	Интенсивность движения, авто / сутки	48308	

* Изменение транспортных эксплуатационных показателей автомобильных дорог после ремонта выявлено по результатам проведенных экспериментально-теоретических исследований.

Расходы участников дорожного движения на основе данных определена общая сумма расходов участников дорожного движения на автомобильной дороге А373а на 1 км дорожного полотна до и после ремонта (табл.3).

Таблица 3

Состав транспортного потока, авто / сутки	Легковые автомобили	Автобусы малого класса	Средние автобусы	Тяжелые автобусы	Средние грузовые автомобили (2-5 т)	Тяжелые грузовики (5-8 т)	Очень тяжелые грузовики (более 8 т)	Прицепы и полуприцепы	Всего	
	32150	16	1204	236	8530	2240	1233	2709		
Дорожные расходы, сум	IRI=4,7	(2825) 90823750	(904) 14464	(678) 816312	(10735) 2533460	(4746) 40483380	(6215) 13921600	(13560) 16719480	(16046) 43468840	208102700
	IRI=1,9	(2373) 76291950	(565) 9040	(565) 728850	(10170) 2400120	(4294) 36627820	(5650) 12656000	(10735) 13236820	(15142) 41020130	182980900

Экономическая эффективность использования усовершенствованного метода планирования ремонтных работ на автомобильных дорогах в расчете на 1 км автомобильной дороги за 1 год на основе результатов, представленных в таблице выше, была определена по формуле:

$$\begin{aligned} \text{ЭЭ}_{\text{годовой}} &= 365 * \left(\sum \text{ЗДП}_{\text{IRI}=4,7} - \sum \text{ЗДП}_{\text{IRI}=1,9} \right) = 365 * (208102700 - 182980900) = \\ &= 9\,169\,457\,000 \text{ сум} \end{aligned} \quad (7)$$

Где: IS – Экономическая эффективность за счет 1 км автомобильной дороги за 1 сутки, $\sum \text{ЗДП}_{\text{IRI}=4,7}$ – IRI = 4,7 сумма расходов участников дорожного движения по видам транспортных средств при наличии, $\sum \text{ЗДП}_{\text{IRI}=1,9}$ – IRI = 1,9 сумма расходов участников дорожного движения по видам транспортных средств.

Выводы

В результате исследований, проведенных в диссертационной работе доктора философских наук (PhD) на тему “Совершенствование метода планирования ремонтных работ на основе транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог”, были сделаны следующие выводы:

1. В результате проведенных за последние годы научно-исследовательских работ по состоянию сети автомобильных дорог общего пользования Республики на сегодняшний день установлено, что доля ремонтируемых дорог в сети составляет 65-70%.

2. В результате проведенных экспериментальных исследований были выявлены закономерности взаимосвязи показателями ровности дорожного покрытия IRI и PCI.

3. Сравнивая значения ровности покрытия, измеренные с помощью лазерного профилометра и смартфонов на скоростях 50, 60 и 70 км/ч, были выявлены закономерности их взаимосвязи.

4. Исследования показали, что общая прочность дорожной одежды снижается на 181 МПа, то есть уменьшается на 24 % в результате повышения температуры покрытия с 30 °С до 60 °С.

5. Исследовав влияние проводимых ремонтных работ на изменение дорожной обстановки, установлено, что на автомобильных дорогах А373а, 4Р12, 4Р21, М39б разница между значениями ровности покрытия, выявленными за последние 6 лет, увеличилась с 0 до 7,2 м/км.

6. Усовершенствован метод планирования дорожно-ремонтных работ с применением генетических алгоритмов на основе базы данных транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог.

7. Установлено, что с помощью разработанной модели можно добиться снижения показателя IRI с 4,7 до 1,9 за 3 года.

8. На примере дорожной сети Ташкентской области разработаны тематические карты, отражающие состояние дорог с применением геоинформационных технологий (программа QGIS) при планировании ремонтных работ на автомобильных дорогах и постоянном контроле за состоянием дорог.

9. Установлено, что экономическая эффективность применения усовершенствованного метода планирования работ по ремонту автомобильных дорог за счет сокращения расходов участников дорожного движения на 1 км автомобильной дороги категории Ib за 1 год составит 9 169 457 000 сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.15/31.08.2022.T.73.05 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TRANSPORT
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

SOATALIYEV RAXIMJON RAXMONJON O'G'LI

**IMPROVING THE METHOD OF PLANNING REPAIR WORKS ON THE
BASE OF ASSESSMENT OF TRANSPORT-OPERATION INDICATORS
OF AUTOMOBILE ROADS**

**05.09.02-"Geotechnics" (on the directions of the road, digitalization of roads and road
safety. Road telematics)**

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

Tashkent– 2022

The theme of doctor the philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B 2022.3.PhD/T3002.

The dissertation has been prepared at the Tashkent State Transport University

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tstu.uz and on the website of “ZiyoNet” Information and educational portal www.ziynet.uz.

Scientific consultant: **Urokov Aslidin Xushvaktovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Kasimov Irkin Umaraliyevich**
doctor of technical sciences, professor

Salixanov Said Salixanovich
candidate of technical sciences

Leading organization: **Jizzakh Polytechnic Institute**

The defense will take place “_____” _____ 2022 at _____ at the meeting of Scientific council No. PhD.15/31.08.2022.T.73.05 at Tashkent State Transport University (Address: 100167, Tashkent, st. Adylkhodzhaeva, 1. Tel./fax: (99871) 293-57-54, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent State Transport University (is registered number No.____). (Address: 100167, Tashkent, st. Adylkhodzhaeva, 1. Tel./fax: (99871) 293-57-54, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru)

Abstract of the dissertation sent out on “_____” _____ 2022 y.
(mailing report No. _____ on “_____” _____ 2022 y.)

I.S. Sadikov
Deputy chairman of the scientific council
awarding scientific degrees, doctor of
technical sciences, professor

R.M. Khudaykulov
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees, doctor of
philosophy, professor

I.S. Sadikov
Chairman of the academic seminar under
the scientific council awarding scientific
degrees, doctor of technical sciences,
professor

Introduction (abstract to the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD))

The aim of the study is to improve the method of planning repair works using optimization algorithms based on transport-operational indicators of automobile roads.

Research objectives:

assessment of transport-operational indicators of automobile roads and analysis of methods for planning repair work;

research of transport-operational indicators of automobile roads;

study of the impact of scheduled repair work no later than the deadline on the change in the transport and operational indicators of automobile roads;

research of the influence of air-climatic factors on changes in the transport-operational indicators of automobile roads;

improving the method of planning repair work using optimization algorithms and transport-operational indicators of the automobile roads;

development of recommendations for the application of an improved style and assessment of economic efficiency.

As an object of the study, a network of public-use highways of the Tashkent region was chosen.

The scientific novelty of the research is as follows :

- a mathematical model has been developed that represents the patterns of the relationship between indicators of the pavement condition index (PCI), which makes it possible to assess the condition of the road surface in terms of the International Roughness Index (IRI) and the condition of the road surface based on the defects present in it;

- taking into account the change in the evenness of the coating depending on the speed of measurement of the results obtained when measuring with a laser profilometer and a smartphone, mathematical expressions were developed that represent the relationship between the results obtained on different devices at speeds of 50, 60, 70 km/h;

- in the process of planning short-term and long-term repair work on highways, the influence of planned road repair work on improving the transport and operational performance of roads is substantiated;

- a decrease in the overall strength of the road surface, caused by an increase in the temperature of the road surface under the influence of weather and climatic conditions, was proved;

- the methodology for planning repair work has been improved using transport and operational indicators and optimization algorithms.

The practical results of the study are as follows:

- recommendations were developed for determining transport-operational indicators of automobile roads using resource-saving methods and forming a database for the automobile roads management system;

- the possibility of using geoinformation systems in monitoring the changes in transport-operational indicators of automobile roads and planning repair works was considered on the example of the road network of Tashkent region;

- the practical significance and economic efficiency of using the improved method of planning repair work using genetic algorithms based on the transport and operational indicators of highways was evaluated;

- recommendations for the use of the improved method in the management of the republic's road network were developed.

Scientific and practical significance of the research results. The scientific significance of the results of the study are explained by the fact that the patterns of interconnection of transport-operational indicators of automobile roads have been studied, the impact of various repair work on road situation changes have been studied, the method of planning repair work using transport-operational indicators and genetic algorithms has been improved.

The results of the study are explained by the organization of a database in which the practical organization of repair work in the operation of highways combines traffic operational indicators of the road, forecasting road situation changes, optimization of repair work on the road network with the aim of improving the state of the common road network, and thereby ensuring that the road network

Approbation of the research results. The results of this study were discussed at lectures made at 3 International (including in the coffereency, which entered the base of 1 “Scopus”) and 2 Republican scientific and practical conferences.

Publication of research results.

A total of 12 scientific works were published on the topic of the dissertation, of which 7 articles were published in scientific publications recommended to publish the main scientific results of doctoral dissertations of the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan, 4 of them were published in national and 3 in foreign journals. Author certificates for 2 ECM programs have also been issued.

The structure and scope of the dissertation. The content of the dissertation consists of an introduction, four chapters, general conclusions, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 120 pages.

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

I bo'lim (I часть; I-part)

1. A.X.Urokov, R.R.Soataliyev, Sh.R.Xalimova. Avtomobil yo'llarining ma'lumotlar bazasini yaratishda zamonaviy, resurs tejamkor texnologiyalardan foydalanish // Jurnal "Me'morchilik va qurilish muammolari", 2021. №4 B-67-70 (05.09.00, №14)
2. Urokov, A.X. and Soataliyev, R.R. (2021) "Analysis of modern and resource-efficient technologies used in the assessment of transport and operational indicators of automobile roads," The Scientific Journal of Vehicles and Roads: Vol. 2021: Iss. 3, Article 1. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/tayi/vol2021/iss3/1> (05.09.00, №15)
3. Aslidin Urokov, Rakhimjon Soataliev, Bakhodir Kasimkhodjaev, Alisher Mamatmuminov, The Current State and Prospects of Development of the Network of Public Roads of Uzbekistan, RAJAR Volume 08 Issue 04 April 2022 (№23. SJIF IF=7.108)
4. Soataliev, R., Soataliev, U., & G'ulomov, D. (2022). Use of effective technology for repairing cracks in asphalt concrete paving. central asian journal of theoretical & applied sciences, 3(6), 227-232. Retrieved from <https://cajotas.centralasianstudies.org/index.php/CAJOTAS/article/view/586> (№23. SJIF IF=5.576)
5. A.X.Urokov, R.R.Soataliyev, I.B.Xoshimov. Avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini baholashning mavjud usullari tahlili, Mirzo Ulug'bek nomidagi Samarqand Davlat Arxitektura-Qurilish Institutining Me'morchilik va qurilish muammolari ilmiy-texnik jurnali. 2022-yil. №3 B-43-46 (05.09.00, №14)
6. A.X.Urokov, R.R.Soataliyev, A.S.Ravshanov. Avtomobil yo'llarining transport-ekspluatatsion ko'rsatkichlarini o'lchash natijalarini python dasturlash tili yordamida tahlil qilish// Jurnal "Me'morchilik va qurilish muammolari", 2022. №2, B-129-131 (05.09.00, №14)

II bo‘lim (II-часть; II-part)

7. Soataliyev R.R., Urokov A.X., Mamatkulov M.T., Mamatmuminov A. T., “Yo‘l qoplamasidagi yoriqlar, o‘yiqalar va g‘ildirak izi deformatsiyalarini aniqlash dasturi” // O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi 15.11.2021, DGU13029

8. Soataliyev R.R., Urokov A.X., Narmanov A.Q., Mamatmuminov A. T., “Suniy intellekt asosida transport oqimini tasniflash dasturi” // O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi, 07.07.2022, DGU17437

9. Uraikov, A., Tashev, D., Xametov, Z., Soataliev, R. (2022). Road Maintenance and Climate Zoning of the Territory of the Republic of Uzbekistan. In: Manakov, A., Edigarian, A. (eds) International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia - 2021. TransSiberia 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 402. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96380-4_133 (№3. Scopus)

10. Соаталиев Р.Р., Обнаружение дефектов дорожного покрытия с помощью модели машинного обучения / А. Х. Уроков, Р. Р. Соаталиев // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение [Электронный ресурс] : материалы Международной научно-технической конференции / редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.] ; сост. В. А. Ходяков. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 158-161.

11. Соаталиев Р.Р., Возможности измерения и визуализации ровности покрытия автомобильных дорог на основе смартфонов в узбекистане/ Научные труды международной научно-технической конференции “Транспорт: актуальные задачи и инновации” (22 апреля 2021 г.). Коллектив авторов / Под ред. проф. Б.Х. Тураев. – Ташкент “ТГТУ”, 2021. стр. 301-304

12. Соаталиев, Р. Р. Йўл қопламаси юзасининг илашиш сифатига таъсир қиладиган таъсирлар таҳлили / А. Г. Юнусов, Р. Р. Соаталиев. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 26 (316). — С. 334-339. — URL: <https://moluch.ru/archive/316/72073/>

13. Mamatkulov M.T., Narmanov A.Q., Soataliyev R.R., Some issues of forecasting deformation and destruction on highways /“Transportda resurs tejankor texnologiyalar” mavzusidagi xorijiy olimlar ishtirokidagi respublika ilmiy – texnika anjumani ilmiy ishlanmalari (2021 yil 18-19 dekabr). /Mualliflar jamoasi: t.f.d., professor S.S.Shaumarov tahriri ostida. – Toshkent: “TDTU”, 2021 –569 b.

14. Soataliyev R., Yo‘ldoshaliyev U., Toshkent shahar ko‘chalari qoplama ravonligini smartfonlar yordamida baholash // Ilm-fan va ta‘limning rivojlanish istiqbollari 15-konferensiya to‘plami, openscience.uz 24 iyun 2021 yil. B-52-54