

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

MARCH 27, 2026



engineer.tstu.uz

**“WOMEN IN INNOVATION AND SCIENCE”
XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA VA FORUMI
ILMIY ISHLARI TO‘PLAMI**

Toshkent davlat transport universitetida 2026-yil 27-mart kuni “Women in Innovation and Science” xalqaro forumi ilmiy ishlari to‘plami chop etildi.

Mazkur nufuzli tadbirlar O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi hamda Transport vazirligi hamkorligida tashkil etilib, mamlakatimizda ilm-fan, innovatsiyalar va zamonaviy texnologiyalarni rivojlantirish, shuningdek xalqaro ilmiy hamkorlikni yanada kengaytirishga qaratilgan muhim platforma hisoblanadi.

Konferensiya ochilish marosimida davlat organlari, xalqaro tashkilotlar va yetakchi oliy ta’lim muassasalari vakillari ishtirok etdi. Jumladan, Toshkent davlat transport universiteti rektori G‘ulomov Abdulaziz Abdullayevich, O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligi vakili Ulmasova Lobarkhon Adilovna, Osiyo taraqqiyot banki eksperti Claire Charnac, Istanbul Aydin universiteti vasiylik kengashi raisi Mustafa Aydin, Belarus davlat transport universiteti rektori Kazakov Nikolay Nikolayevich hamda Qirg‘iziston Respublikasi Transport vazirligi vakili Dinara Moldokalieva ishtirok etdilar.

Konferensiya ilmiy dasturi doirasida plenar va panel sessiyalar, shuningdek ilmiy ma’ruzalar taqdimoti o‘tkazilib, ularda sun’iy intellekt va raqamli texnologiyalarni iqtisodiyot va ta’limga joriy etish, transport va aviatsiya sohasida innovatsion yechimlar, sanoat va IT sohasida texnologiya transferi, shuningdek ta’limda raqamli platformalar va intellektual tizimlar kabi dolzarb masalalar yoritildi.

2026-yil 27-mart kuni o‘tkazilgan “Women in Innovation and Science” xalqaro forumi ayollar yetakchiligi, innovatsiyalar va STEM sohalariga bag‘ishlangan bo‘lib, mamlakatimizda ayollarning ilm-fan va texnologiya sohalaridagi ishtirokini kengaytirish, ularning yetakchilik salohiyatini rivojlantirish hamda xalqaro hamkorlikni mustahkamlashga qaratilgan strategik maydon sifatida tashkil etildi.

Forum doirasida ayollar yetakchiligini rivojlantirish va rag‘batlantirish, xalqaro tajriba almashinuvi va ilmiy tarmoqlarni kengaytirish, yosh tadqiqotchi ayollar va PhD talabalarni qo‘llab-quvvatlash hamda innovatsion ekotizimlarda gender tenglikni ta’minlash kabi ustuvor vazifalar amalga oshirildi. Shuningdek, forumda ayollar yetakchiligi va STEM, gender tenglik va ilm-fan institutsional rivoji, ayollar tadbirkorligi va innovatsion startaplar, innovatsiya ekotizimlari va xalqaro hamkorlik, yosh ayol tadqiqotchilarni rivojlantirish, mentorlik va akademik tarmoqlar yo‘nalishlarida tematik sessiyalar tashkil etildi.

Forumda davlat organlari, xalqaro tashkilotlar, yetakchi oliy ta’lim muassasalari va ilmiy markazlar vakillari, jumladan “OLIMA” uyushmasi raisi Murtazayeva Raxbar Hamidovna, “Sharq ayoli” xalqaro ayollar jamoat fondi raisi Tursunbayeva Saodat Gafurovna, Osiyo taraqqiyot banki eksperti Claire Charnac, O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligi vakili Ulmasova Lobarkhon Adilovna, Toshkent davlat transport universiteti rektori G‘ulomov Abdulaziz Abdullayevich, Qirg‘iziston Respublikasi Transport vazirligi vakili Dinara Moldokalieva hamda Indoneziyadan universitet dekani Yoga Prihatin ishtirok etdilar.



Shuningdek, forumda Yevropa va Osiyo davlatlaridan yetakchi olimlar, ekspertlar va yosh tadqiqotchilar keng qatnashdi.

Forum dasturiga ochilish marosimi, panel muhokamalar, ilmiy chiqishlar hamda professional rivojlanish bo'yicha workshoplar kiritilgan bo'lib, ular doirasida gender tenglik, ayollar karyerasini rivojlantirish, ilmiy tadqiqotlar va innovatsion boshqaruv bo'yicha amaliy seminarlar tashkil etildi.

Mazkur tadbirlar Osiyo taraqqiyot banki (ADB), "OLIMA" — O'zbekiston xotin-qizlar olimlari uyushmasi, "Sharq ayoli" xalqaro ayollar jamoat fondi, Germaniya xalqaro hamkorlik jamiyati (GIZ), shuningdek Rossiya, Turkiya, Indoneziya va Qirg'iziston oliy ta'lim muassasalari hamda Belarus Milliy fanlar akademiyasi ilmiy institutlari hamkorligida o'tkazildi.

Mazkur xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya va forumning ahamiyati shundaki, ular xalqaro ilmiy hamkorlikni mustahkamlash, innovatsion ishlanmalarni amaliyotga joriy etish, raqamli va barqaror rivojlanishni ta'minlash, shuningdek ayollarning ilm-fan va innovatsiya sohalaridagi rolini kuchaytirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, mazkur tadbirlar yosh olimlar va tadqiqotchilarni qo'llab-quvvatlash, ilmiy tajriba almashish hamda global ilmiy makonga integratsiyalashuvni jadallashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Mazkur xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya va forumning maqsadi zamonaviy ilmiy tadqiqot yo'nalishlarini muhokama qilish, innovatsion yondashuvlar va ilg'or texnologiyalar bo'yicha ilmiy natijalar almashuvini ta'minlash, shuningdek xalqaro ilmiy hamkorlikni rivojlantirishdan iboratdir.

Tadbirda O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy ta'lim muassasalari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek amaliyotda muhim natijalarga ega bo'lgan mutaxassislar o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

Ushbu ilmiy to'plamda muhandislik, transport, raqamlashtirish, sun'iy intellekt, innovatsion boshqaruv, gender tenglik va barqaror rivojlanish sohalarida faoliyat yuritayotgan yetakchi olimlar, professor-o'qituvchilar va tadqiqotchilarning ilmiy ishlari jamlangan. To'plamda dolzarb ilmiy muammolar, zamonaviy yechimlar, nazariy va amaliy tadqiqot natijalari yoritilib, ushbu yo'nalishlarning bugungi holati va istiqboldagi rivojlanish tendensiyalari aks ettirilgan.

Mazkur nashr mamlakatimizda ilm-fan va innovatsion rivojlanishni ta'minlash, xalqaro ilmiy aloqalarni mustahkamlash hamda yosh olimlar va tadqiqotchilarni qo'llab-quvvatlash yo'lidagi muhim qadamlardan biri sifatida e'tirof etiladi.

Shuningdek, mazkur ilmiy to'plamda keltirilgan natijalar kelgusida ilmiy tadqiqotlar samaradorligini oshirish, amaliyotga yo'naltirilgan innovatsion yechimlarni keng joriy etish hamda sohalararo integratsiyani chuqurlashtirish uchun muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. To'plam materiallari nafaqat ilmiy jamoatchilik, balki ishlab chiqarish sohasi mutaxassislari, doktorantlar va talabalar uchun ham foydali manba hisoblanadi.

Mazkur nashrda yoritilgan ilmiy g'oyalar va ilg'or yondashuvlar asosida yangi ilmiy izlanishlar olib borilishi, xalqaro ilmiy aloqalarning yanada rivojlanishi hamda innovatsion rivojlanish strategiyalarining takomillashishiga xizmat qilishi kutilmoqda.



Application of artificial intelligence and GIS technologies for zoning areas at risk of sand drift on highways

N.M. Jarilkapova¹, Kh.D. Abdullaev¹

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

Sand drift and sandstorms pose a complex hazard to highways in arid regions, causing reduced visibility, deterioration of pavement surface friction properties, and increased operating costs [1], [2]. According to recent estimates, drylands cover 40.6% of the Earth's land surface, while sand and dust storms affect approximately 330 million people in more than 150 countries [1], [3]. This thesis proposes an approach based on the integration of artificial intelligence (AI), remote sensing, and GIS for identifying and zoning areas at risk of sand drift on highways into five categories. By combining Sentinel-1/2, Landsat, ERA5-Land, DEM, and road geometry data, it is shown that the probability of risk can be dynamically assessed for road sections. The literature review reports AUC values of 96.2% for the RF model, 0.94 for SVM, and IoU values of up to 89% for U-Net in desert road extraction [5], [6], [7]. As a result, a practical zoning scheme was developed to support monitoring, prevention, and investment prioritization for roads passing through arid regions of Uzbekistan and adjacent risk zones.

Keywords:

sand drift, hazardous zone, zoning, artificial intelligence, GIS, remote sensing, highway, Sentinel-1, Random Forest, U-Net

Avtomobil yo'llarida qum ko'chishi uchun xavfli zonalarni hududlashtirish uchun sun'iy va GIS-texnologiyalari qo'llash

Jarilqapova N.M.¹, Abdullayev X.D.¹

¹Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya:

Qum ko'chishi va qum bo'ronlari qurg'oqchil hududlardagi avtomobil yo'llari uchun ko'rish masofasining qisqarishi, qoplama sirtining ishqalanish xususiyatlari pasayishi va ekspluatatsion xarajatlarning oshishi bilan bog'liq kompleks xavf tug'diradi [1], [2]. So'nggi baholashlarga ko'ra, quruq hududlar Yer quruqligining 40,6 % ini egallaydi, qum va chang bo'ronlari esa 150 dan ortiq mamlakatdagi taxminan 330 mln aholiga ta'sir qiladi [1], [3]. Mazkur tezisda avtomobil yo'llarida qum ko'chishi uchun xavfli zonalarni aniqlash va besh toifada hududlashtirishda sun'iy intellekt (SI), masofadan zondlash va GIS integratsiyasiga asoslangan yondashuv taklif qilinadi. Sentinel-1/2, Landsat, ERA5-Land, DEM va yo'l geometriyasi ma'lumotlarini birlashtirish orqali yo'l uchastkalari bo'yicha xavf ehtimolini dinamik baholash mumkinligi ko'rsatildi. Adabiyotlar tahlili RF modeli uchun 96,2 % AUC, SVM uchun 0,94 AUC va desert yo'llarini ajratishda U-Net uchun 89 % gacha IoU natijalarini qayd etadi [5], [6], [7]. Natijada O'zbekistonning qurg'oqchil hududlardan o'tuvchi yo'llar va ularga tutash xavf zonalari uchun monitoring, profilaktika va investitsiya ustuvorliklarini asoslashga xizmat qiluvchi amaliy hududlashtirish sxemasi ishlab chiqildi.

Kalit so'zlar:

qum ko'chishi, xavfli zona, hududlashtirish, sun'iy intellekt, GIS, masofadan zondlash, avtomobil yo'li, Sentinel-1, Random Forest, U-Net

1. Kirish

Hozirgi kunda global iqlim o'zgarishlari, antropogen omillar hamda cho'llanish jarayonlarining kuchayishi natijasida qum ko'chishi hodisalari tobora dolzarb muammolardan biriga aylanib bormoqda. Ayniqsa, cho'l va yarim cho'l hududlarida joylashgan avtomobil yo'llarida shamol ta'sirida qum massalarining harakatlanishi yo'l infratuzilmasining barqaror ishlashiga jiddiy xavf tug'diradi. Bu esa transport harakati xavfsizligini pasaytiradi, yo'l qoplamasining tez buzilishiga olib keladi hamda ekspluatatsiya xarajatlarini sezilarli darajada oshiradi.

O'zbekiston Respublikasining katta qismi, xususan, Qizilqum cho'li hududlari qum ko'chishi jarayonlariga yuqori darajada moyil bo'lib, bu yerda joylashgan avtomobil yo'llarini himoya qilish masalasi alohida ahamiyat kasb etadi. Shu bois, qum ko'chishi xavfi yuqori bo'lgan

hududlarni aniqlash, ularni ilmiy asosda baholash va hududlashtirish zarurati yuzaga kelmoqda.

An'anaviy usullar yordamida bunday xavf zonalarni aniqlash ko'p vaqt talab qiladi hamda yuqori aniqlikni ta'minlay olmaydi. Shu nuqtai nazardan, zamonaviy geografik axborot tizimlari (GIS) va sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish muammoni samarali hal etish imkonini beradi. GIS texnologiyalari orqali fazoviy ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va tahlil qilish, turli tabiiy omillarni (relyef, shamol tezligi va yo'nalishi, yer qoplami, namlik va boshqalar) kompleks baholash imkoniyati yaratiladi. Sun'iy intellekt esa ushbu ma'lumotlar asosida xavf darajasini prognoz qilish va avtomatlashtirilgan tarzda hududlashtirishni amalga oshirishda muhim rol o'ynaydi.



An'anaviy qum xavfi baholash usullari ko'pincha ekspert mulohazasi va punktual dala kuzatuvlariga tayanganligi sababli fazoviy aniqlik hamda yangilanib borish tezligi yetarli emas [4]. Vaholanki, shamol tezligi, qum manbai turi, vegetatsiya qoplami, quruqlik darajasi va yo'lning shamol yo'nalishiga nisbatan orientatsiyasi tez o'zgaradigan omillar hisoblanadi. Xususan, qum bilan qoplangan qoplama sirtida ishqalanish koeffitsienti kamayadi, haydovchining chetlab o'tish manevri esa ayniqsa ko'rish masofasi 100 m dan pastga tushganda keskin yomonlashadi [9], [10].

Shu sababli tadqiqotning maqsadi – ochiq kosmik, meteorologik va yo'l-geometrik ma'lumotlarga tayangan holda qum ko'chishi xavfini avtomatik aniqlaydigan va yo'l uchastkalarini "juda past – past – o'rta – yuqori – juda yuqori" toifalarda xaritalaydigan SI asosidagi hududlashtirish yondashuvini asoslashdan iborat. Taklif etilayotgan sxema O'zbekistonning Qizilqum, Ustyurt va Amudaryo quyi oqimi bilan tutash yo'l yo'laklari uchun pilot joriy etishga mosdir.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Hududlashtirish birligi sifatida 0,5-1,0 km uzunlikdagi yo'l segmentlari qabul qilinadi. Har bir segment uchun tabiiy, texnogen va geometrik ko'rsatkichlar yig'iladi: o'rta shamol tezligi, ustun shamol yo'nalishi, qumli yer turi, NDVI/FVC, quruqlik indeksi, yo'lning shamolga nisbatan burchagi, gorizontal hamda vertikal egrilik radiuslari, relyef va tarixiy qum qoplanishi izlari [4], [7].

1-jadval

SI asosidagi hududlashtirish uchun asosiy ko'rsatkichlar va ma'lumot manbalari

Ko'rsatkich	Mazmuni	Ma'lumot manbasi	Modeldagi roli
Shamol rejimi	tezlik va yo'nalish	ERA5-Land, meteo stansiya	xavf boshlovchi omil
Qum manbai	ko'chuvchi/tekis/mustahkam qum	Sentinel-2, Landsat, dala kuzatuv	manba intensivligi
Vegetatsiya	NDVI yoki FVC	Sentinel-2	barqarorlashtiruvchi omil
Quruqlik	TVDI/LST asosli indeks	RS + meteorologiya	sirt erodibilligi
Yo'l geometriyasi	o'q yo'nalishi, egri radiuslar	OSM, loyiha pasporti	ta'sirchanlik
Relyef	slope, mikroformalar	SRTM/ASTER GDEM	akumulyatsiya zonasi

Ushbu ishda avtomobil yo'llari hududida qum ko'chishi xavfini aniqlash va baholash uchun bir nechta zamonaviy ilmiy usullar qo'llanildi. Tadqiqot davomida geografik axborot tizimlari (GIS) tahlili asosiy vosita sifatida ishlatilib, fazoviy ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va tahlil qilish ishlari amalga oshirildi. GIS yordamida turli omillar – relyef, yer qoplami, shamol ko'rsatkichlari va yo'lga yaqinlik darajasi o'zaro bog'liq holda tahlil qilindi.

Masofadan zondlash (remote sensing) usullari orqali yer yuzasining holati haqida aniq va dolzarb ma'lumotlar olindi. Xususan, sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida yer qoplami (LULC) aniqlanib, qumli va ochiq hududlar ajratib olindi. Bu esa qum ko'chishi ehtimoli yuqori bo'lgan zonalarini aniqlashda muhim ahamiyat kasb etdi.

Raqamli balandlik modeli asosida geomorfologik tahlil usullari qo'llanilib, qiyalik (slope) va ekspozitsiya (aspect) ko'rsatkichlari hisoblab chiqildi. Ushbu ko'rsatkichlar orqali relyefning shamol yo'nalishi va qum harakatiga ta'siri baholandi.

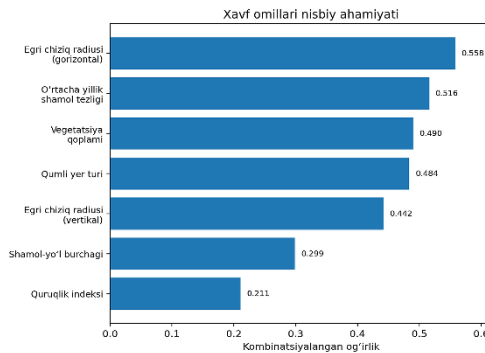
Ko'p mezonli baholash (MCDA) usuli yordamida turli omillar bir tizimga keltirilib, ularning har biriga muhimlik darajasiga qarab og'irlik koeffitsiyentlari berildi. Natijada umumiy xavf indeksi hisoblanib, hududlar xavf darajasiga ko'ra guruhlarga ajratildi.

Shuningdek, statistik tahlil usullaridan foydalanilib, omillar o'rtasidagi bog'liqlik darajasi o'rganildi. Ayrim hollarda regressiya tahlili yordamida qum ko'chishi jarayoniga ta'sir etuvchi asosiy omillar aniqlashtirildi.

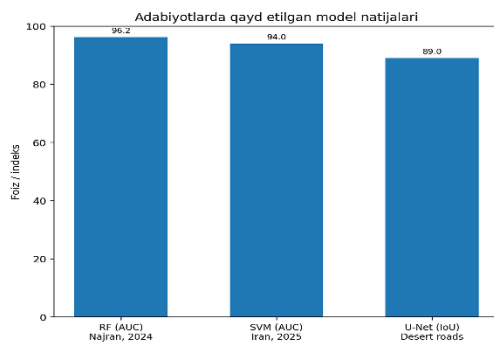
Bundan tashqari, sun'iy intellekt usullari, xususan mashinaviy o'rganish algoritmlari qo'llanilib, mavjud ma'lumotlar asosida qum ko'chishi ehtimolini prognozlash amalga oshirildi. Ushbu yondashuv xavf zonalarini yanada aniqroq va ishonchli baholash imkonini berdi.

Natijada qo'llanilgan usullar majmuasi avtomobil yo'llarida qum ko'chishi xavfini kompleks baholash, hududlashtirish va ilmiy asoslangan xulosalar chiqarishga xizmat qildi.

Model bosqichida RF, XGBoost/LightGBM va SVM klassifikatorlari xavf toifalarini baholash uchun, U-Net esa yo'l va qum bosgan yuzalarni tasvirdan ajratish uchun qo'llanadi [5]–[7]. *Random Forest (RF)* ko'p sonli qaror daraxtlari ansambli bo'lib, omillar o'rtasidagi nolinear bog'lanishlarni barqaror ushlaydi va xavfli hamda nisbatan xavfsiz segmentlarni ishonchli ajratishga xizmat qiladi. *XGBoost* va *LightGBM* gradient boosting oilasiga mansub modellar bo'lib, atributlar o'rtasidagi murakkab o'zaro ta'sirlarni tez o'rganadi hamda katta hajmdagi fazoviy atributlar bilan ishlashda yuqori samaradorlik beradi. *SVM* esa yuqori o'lchamli fazoda optimal ajratuvchi chegara qurishi sababli sinflar chegarasi noaniq bo'lgan qum migratsiyasi masalalarida foydalidir. *U-Net* semantik segmentatsiya arxitekturasida yo'l qoplamasi va qum bilan qoplangan maydonlarni piksel darajasida ajratib, xavf zonalarining konturini aniq belgilash imkonini beradi. Baholash mezonlari sifatida AUC, F1, IoU va makoniy izchillik ko'rsatkichlari olinadi. Bunda AUC modelning xavfli va xavfsiz zonalarini ajratish qobiliyatini, F1 aniqlik va to'liqlik o'rtasidagi muvozanatni, IoU esa prognoz qilingan hududlarning real xavf zonalarini bilan fazoviy moslik darajasini ifodalaydi; ayniqsa F1 ko'rsatkichi xavfli segmentlar ulushi kam bo'lgan ma'lumotlarda modelning amaliy ishonchligini baholashda muhimdir. Yakuniy xavf balli tabiiy omillar, yo'lning ta'sirchanligi va real ekspluatatsion zaiflikni birlashtirgan kompozit indeks sifatida hisoblanadi [4].



1-rasm. Li va boshq. [4] bo'yicha indikatorlar kombinatsiyalangan og'irligi



2-rasm. RF, SVM va U-Net bo'yicha adabiyotlarda qayd etilgan model natijalari [5]–[7]

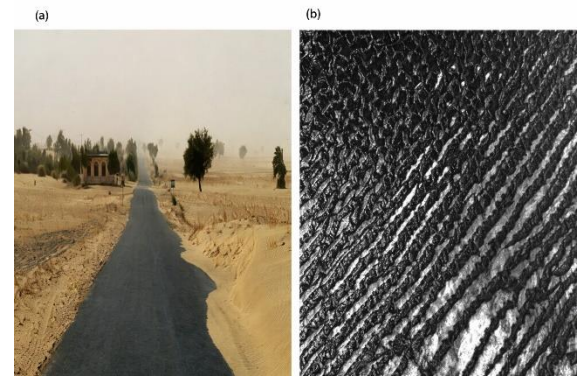
3. Natija va muhokamalar

So'nggi ishlar qum xavfini faqat tabiiy omillar bilan emas, balki yo'lining geometrik va ekspluatatsion xususiyatlari bilan birga ko'rib chiqish zarurligini ko'rsatmoqda. Li va boshq. [4] shamol tezligi, qumli yer turi, vegetatsiya, quruqlik, shamol-yo'l burchagi hamda egri radiuslar asosida besh toifali xavf xaritasini tuzib, yuqori va juda yuqori xavf ko'proq siljiydigan dyunalar, siyrak vegetatsiya va kam yog'inli zonalarida jamlanishini aniqladi. Ushbu natija yo'l segmentlari bo'yicha real vaqtga yaqin monitoringni yo'lga qo'yish uchun SI modellarini joriy etish zarurligini tasdiqlaydi.

Najran shahri atrofidagi qurg'oqchil hududlarda RF modeli 96,2 % AUC ko'rsatkichiga erishgani, Sharqiy Eronda esa SVM modeli 0,94 AUC bilan eng samarali bo'lgani tasviri va spektral omillar qum migratsiyasini yuqori aniqlik bilan ajratishi mumkinligini ko'rsatdi [5]. [6]. Mazkur AUC qiymatlari 1 ga yaqinlashgani sari modelning xavfli va xavfsiz holatlarni ajratish sifati ortishini anglatadi; shu bois RF va SVM natijalari amaliy hududlashtirish uchun yuqori diskriminativ salohiyat mavjudligini ko'rsatadi. Stewart va boshq. [7] Sentinel-1 SAR ma'lumotlari asosida desert yo'llarini segmentatsiya qilishda ayrim hududlarda 89 % gacha IoU natijasiga erishgan. Bu yerda IoU ning yuqori bo'lishi model tomonidan ajratilgan yo'l va qum konturlari real tasvir bilan katta darajada ustma-ust tushganini bildiradi, ya'ni segmentatsiya xaritalari yo'l ekspluatatsiyasi uchun yetarlicha ishonchli fazoviy asos yaratadi. Demak, xavfli zonalarini hududlashtirishda optik va radar ma'lumotlarini birgalikda ishlatish eng maqbul yo'l hisoblanadi.

Taklif etilayotgan amaliy mezonlar quyidagicha: shamol tezligi 6,5 m/s dan yuqori bo'lgan, ko'chuvchi dyunalar mavjud, vegetatsiyasi siyrak, quruqlik indeksi past, ustun

shamol yo'nalishi yo'l o'qiga 60-90° burchak ostida kesishadigan va kichik radiusli egri chiziqlar joylashgan segmentlar "juda yuqori" xavf toifasiga ustuvor ravishda kiritiladi [4]. Bunday uchastkalarda mexanik to'siqlar, yashil himoya polosalari, patrul tozalash grafiklari va ogohlantiruvchi axborot tizimlari birgalikda rejalashtirilishi lozim. Bundan tashqari, Kumtag sahrosida 2100 yilga borib dyuna migratsiya tezligining 19,61 m/yilgacha oshishi prognoz qilinganligi iqlim o'zgarishi sharoitida oldindan rejalashtirishni kuchaytirish zarurligini ko'rsatadi [8].



3-rasm. (a) Qum bosayotgan avtomobil yo'li ko'rinishi, Noorpur Thal, Pokiston (Vasiq Eqbal, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0); (b) Rub' al Khali dyuna maydonining Sentinel-1 radar tasviri va yo'l izlari (ESA/Copernicus, CC BY-SA 3.0 IGO)

4. Xulosa

SI, GIS va masofadan zondlash integratsiyasi qum ko'chishi xavfini statik emas, balki davriy yangilanadigan makoniy boshqaruv mahsulotiga aylantiradi. Tahlil natijalari shamol tezligi, vegetatsiya, qum manbai turi va yo'l geometriyasi xavfli zonalarini hududlashtirishda tayanch omillar ekanini ko'rsatdi [4]–[7]. Shu bois RF va gradient boosting asosidagi klassifikatorlar xavf toifalash bosqichida, U-Net esa fazoviy segmentatsiya bosqichida o'zaro to'ldiruvchi model juftligi sifatida qaralishi mumkin; bunday kombinatsiya yo'l xizmatlariga ham balli xavf bahosi, ham aniq fazoviy kontur beradi. O'zbekiston sharoitida bunday tizim A380 va qurg'oqchil mintaqalardagi boshqa magistrallarda pilot tarzda joriy etilib, yo'l ekspluatatsiyasi xarajatlarini kamaytirish, avariya xavfini pasaytirish va himoya inshootlarini aniq uchastkalarga yo'naltirish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar / References

- [1] World Meteorological Organization. WMO Airborne Dust Bulletin No. 9 - July 2025. Geneva: WMO; 2025.
- [2] World Health Organization. Sand and dust storms. Fact sheet. Geneva: WHO; 23 April 2025.
- [3] Alibakhshi S, et al. The Global Threat of Drying Lands: Regional and Global Aridity Trends and Future Projections. A Report of the Science-Policy Interface. Bonn, Germany: United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD); 2024.
- [4] Li L, Lv L, Tao Z, Yin W, Li Q, Wang Z. Windblown sand hazards risk assessment along the highways based on GIS-game theory combination weight.

PLoS One. 2024;19(2):e0292263. doi:10.1371/journal.pone.0292263.

[5] Abd El Aal AK, GabAllah HM, Megahed HA, et al. Geo-Environmental Risk Assessment of Sand Dunes Encroachment Hazards in Arid Lands Using Machine Learning Techniques. Sustainability. 2024;16(24):11139. doi:10.3390/su162411139.

[6] Bashiri M, Rahdari MR, Serrano-Bernardo F, Rodrigo-Comino J, Rodríguez-Seijo A. Defining a Method for Mapping Aeolian Sand Transport Susceptibility Using Bivariate Statistical and Machine Learning Methods - A Case Study of the Seqale Watershed, Eastern Iran. Sustainability. 2025;17(18):8234. doi:10.3390/su17188234.

[7] Stewart C, Lazzarini M, Luna A, Albani S. Deep Learning with Open Data for Desert Road Mapping. Remote Sensing. 2020;12(14):2274. doi:10.3390/rs12142274.

[8] Yang F, Abudukade S, Xu L, et al. Analysis of Sand Dune Migration and Future Trends on the Western Edge of the Kumtag Desert. Land. 2025;14(11):2169. doi:10.3390/land14112169.

[9] Rahdari MR, Rodríguez-Seijo A. Monitoring Sand Drift Potential and Sand Dune Mobility over the Last Three Decades (Khartouran Erg, Sabzevar, NE Iran). Sustainability. 2021;13(16):9050. doi:10.3390/su13169050.

[10] Xue Y, Li P, Jiang S, Thom N, Yang X. Evaluation of skid resistance of asphalt pavement covered with aeolian sand in desert areas. Wear. 2023;516-517:204620. doi:10.1016/j.wear.2023.204620.

[11] Wang F, Ma Y, Xing G, Chen S, Wang F. Driving avoidance performance on Sand-Covered roads during sand and dust storms under different visibility conditions. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. 2024;105:306-320. doi:10.1016/j.trf.2024.07.014.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot / Information about authors

Jarilqapova Nargiza Madiyarova / Nargiza Jarilqapova	Toshkent davlat transport universiteti magistranti E-mail: nargizajarilqapova495@gmail.com
Abdullayev Xurshidbek Dilshodbekovich / Khurshidbek Abdullaev	Toshkent davlat transport universiteti PhD, dotsent



N. Svetasheva, G. Yuldashova

Forecasting the development of China–Europe freight flows through Central Asia and Uzbekistan’s role as a transport and logistics hub.....106

N. Jarilkapova, Kh. Abdullaev

Application of artificial intelligence and GIS technologies for zoning areas at risk of sand drift on highways.....111

M. Usmanova

Ensuring the priority of public transport and traffic safety in Tashkent.....115

M. Urazova, D. Jumaeva

Project-based thinking and psychological-pedagogical disciplines: bridging theory and practice in higher education.....118

F. Atabaev, G. Begjanova, G. Tursunova, Z. Yakubjanova

Portland cement with limestone additive based on local raw materials.....122

N. Drobchenko

International engineering and landscape approaches to the planning of coastal territories in a sustainable urban environment.....127