QO‘QON DAVLAT UNIVERSITETI
XALQARO ILMIY-AMALIY ANJUMAN
SANOAT VA TRANSPORT TIZIMLARINING INNOVATSION MODERNIZATSIYASIDA ILG‘OR KIMYOVIY TEXNOLOGIYALAR, MUHANDISLIK YECHIMLARI, YANGI MATERIALLAR VA AVTOMATLASHTIRILGAN MASHINASOZLIK JARAYONLARINING KOMPLEKS TRANSFORMATSIYASI
2026-yil 6-noyabr
Maqola topshirish muddati — 2026-yil 5-noyabr

AVTOMOBIL YO‘LLARI HOLATINI BAHOLASH VA XAVFLI UCHASTKALARNI ANIQLASH UCHUN INTEGRAL INDIKATOR HAMDA MATEMATIK MODEL ISHLAB CHIQISH

Akbarov Adham Axadovich
Qo‘qon davlat universiteti, Muhandislik texnologiyalari kafedrasi dotsenti
Barakayev Davronbek Ulug‘bek o‘g‘li
Qo‘qon davlat universiteti,talabasi
E-mail: dostonnurmatov70@gmail.com

Annotatsiya: Maqolada avtomobil yo‘llarining ekspluatatsion holatini kompleks baholash va xavfli uchastkalarni dastlabki aniqlash uchun integral indikator hamda uning matematik modeli taklif etiladi. Model yo‘l qoplamasining notekisligi, namlik yoki suv to‘planishi, yoritilganlik darajasi, transport oqimi zichligi va avval kuzatilgan xavfli hodisalar kabi omillarni yagona 0–100 oralig‘idagi indeksga birlashtirishga asoslanadi. Ko‘rsatkichlarni normallashtirish va vazn koeffitsiyentlarini tanlash tartibi bayon qilinadi. Indeks yo‘l uchastkalarini o‘zaro taqqoslash, tekshiruv va ta’mirlash ishlarini ustuvorlashtirish uchun yordamchi vosita sifatida qaraladi.

Kalit so‘zlar; avtomobil yo‘li, yo‘l infratuzilmasi, xavfli uchastka, integral indikator, yo‘l qoplamasi, yoritilganlik, transport oqimi, matematik model, yo‘l harakati xavfsizligi.

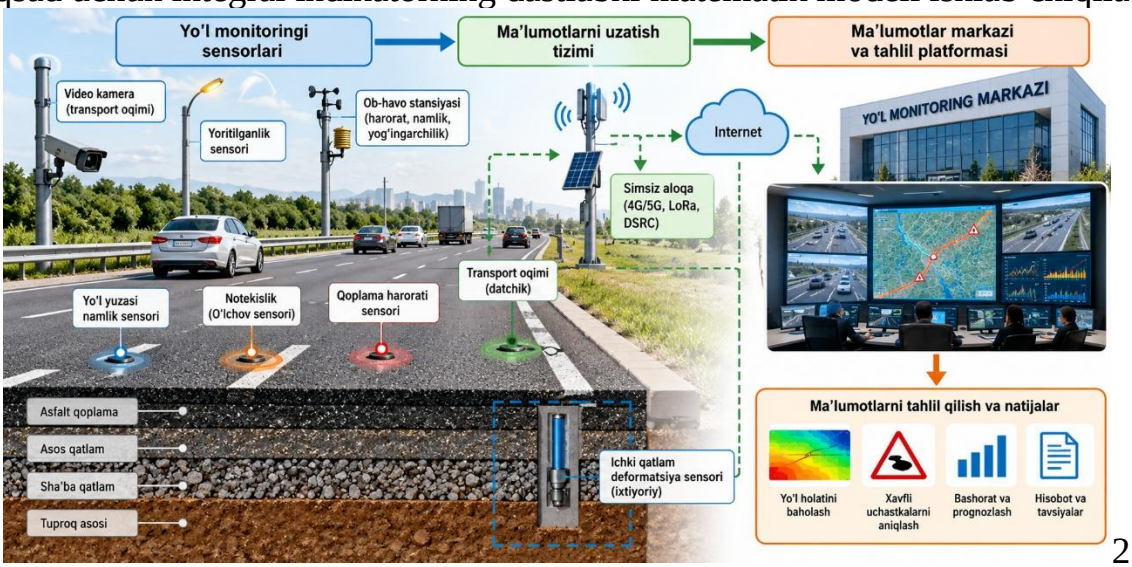
Abstract: This paper proposes a composite indicator and a mathematical model for preliminary assessment of road condition and identification of potentially hazardous road sections. The model combines pavement unevenness, wetness or water accumulation, lighting deficiency, traffic-flow intensity, and historical safety-event information into a normalized index ranging from 0 to 100. The paper describes normalization and weighting procedures and discusses how the indicator may support comparative screening and prioritization of inspections or maintenance.

Keywords; road infrastructure, road condition, hazardous section, composite indicator, pavement, lighting, traffic flow, mathematical model, road safety.

Kirish

Avtomobil yo‘llarining texnik va ekspluatatsion holati transport vositalarining harakatlanish sharoitiga, haydovchining yo‘l vaziyatini idrok etishiga hamda favqulodda holatlarda xavfsiz manevr bajarish imkoniyatiga ta’sir ko‘rsatadi. Qoplamadagi notekisliklar, suv to‘planishi, yetarli bo‘lmagan yoritish va yuqori transport oqimi ayrim sharoitlarda xavfni kuchaytirishi mumkin. Ushbu omillarni alohida-alohida baholash muhim bo‘lsa-da, yo‘l uchastkasining umumiy holatini tezkor taqqoslash uchun ularni birlashtiruvchi ko‘rsatkich ham foydali bo‘lishi mumkin.

Amaliyotda yo‘l tarmog‘i katta hududni qamrab olgani sababli barcha uchastkalarni bir xil darajada va bir vaqtda tekshirish qiyin. Shu sababli xavf omillari ko‘proq to‘plangan uchastkalarni dastlabki saralash, diagnostika va ta’mirlash resurslarini oqilona yo‘naltirish muhim vazifa hisoblanadi. Ushbu maqolada ana shu maqsad uchun integral indikatorning dastlabki matematik modeli ishlab chiqiladi.



2.

Tadqiqotning dolzarbligi, maqsadi va vazifalari

Tadqiqotning dolzarbligi yo‘l xavfsizligiga ta’sir qiluvchi omillarni yagona, tushunarli va taqqoslash mumkin bo‘lgan ko‘rsatkich orqali ifodalash zarurati bilan belgilanadi. Integral indikator yo‘l uchastkalarini dastlabki baholashga yordam berishi mumkin, biroq u muhandislik diagnostikasi, yo‘l tekshiruvi yoki rasmiy xavfsizlik auditi o‘rnini bosmaydi.

Tadqiqotning maqsadi - avtomobil yo‘llarining ekspluatatsion holati va potensial xavfini baholash uchun ko‘p omilli integral indikatorni ishlab chiqish hamda uning hisoblash ketma-ketligini taklif qilish.

Tadqiqot vazifalari:

yo‘l xavfsizligiga ta’sir etuvchi asosiy omillarni tanlash;

turli birliklarda ifodalangan parametrlarni umumiy 0–1 diapazonga normallashtirish usulini belgilash;

vazn koeffitsiyentlari asosida integral indeks tenglamasini shakllantirish;

indeks qiymatini talqin qilish va yo‘l uchastkalarini ustuvorlashtirish yondashuvini bayon etish;

modelning cheklovlari va uni tajribada tekshirish bosqichlarini ko‘rsatish.

3. Tadqiqot obyekti, predmeti va metodologiyasi

Tadqiqot obyekti - avtomobil yo‘llarining ekspluatatsion holati va ularda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan xavf omillari. Tadqiqot predmeti - yo‘l uchastkasi holatini tavsiflovchi bir nechta parametrni normallashtirib, integral indeksga birlashtirish usuli.

Tadqiqot nazariy tahlil, ko‘rsatkichlarni normallashtirish, vaznli yig‘indi usuli va ssenariylar bo‘yicha matematik tahlilga asoslanadi. Ushbu maqolada real yo‘l uchastkalarida o‘lchovlar bajarilgani yoki avariya statistikasi asosida model kalibrlangani da’vo qilinmaydi. Shu sababli model va indeks toifalari dastlabki taklif sifatida qaraladi.

ISSN: 3060-4648 | www.eyib.uz

Model uchun yo‘l tarmog‘i bir xil yoki taqqoslanadigan uzunlikdagi uchastkalarga ajratiladi. Har bir uchastka uchun bir xil usulda ma’lumot yig‘ilishi kerak. Ma’lumotlar yetishmaydigan holatlarda ularni avtomatik ravishda nol deb qabul qilish tavsiya etilmaydi, chunki nol qiymat xavf omili mavjud emasligini anglatishi mumkin.

4. Integral indikatorga kiritiladigan omillar

Dastlabki modelga beshta omil kiritiladi. Omillar soni keyingi tadqiqotda ma’lumotlar mavjudligi va mahalliy sharoitga qarab o‘zgartirilishi mumkin.

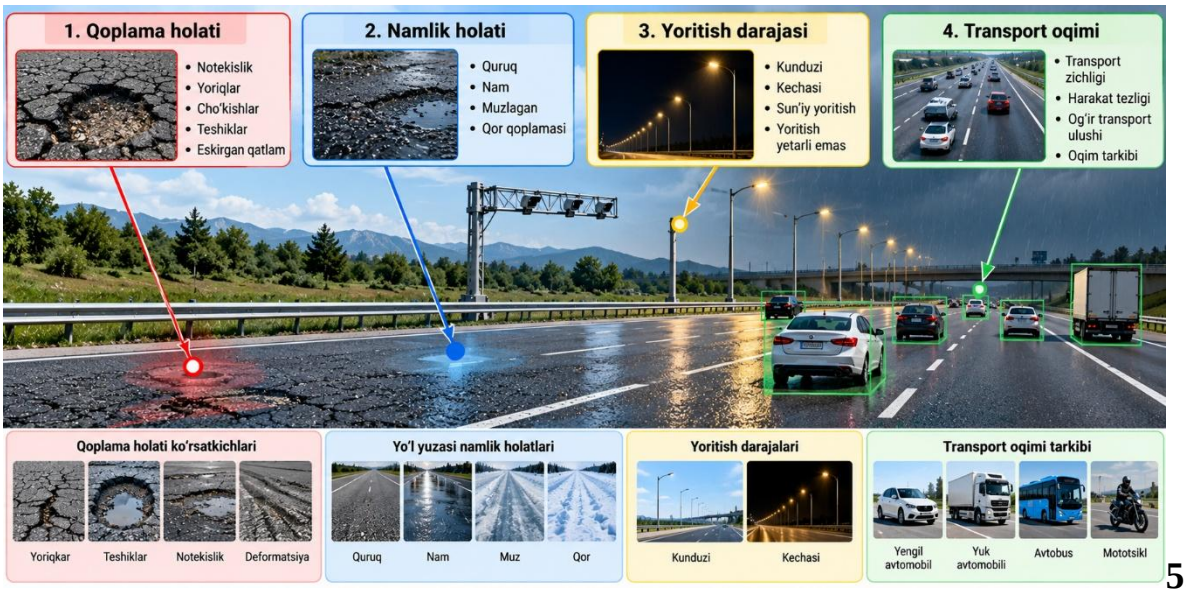
Yo‘l qoplamasining notekisligi (r). Qoplama sirtidagi chuqurchalar, yoriqlar yoki notekisliklar diagnostika o‘lchovlari orqali baholanadi. Ko‘rsatkich ortishi xavf omilining kuchayishini ifodalaydi.

Namlik va suv to‘planishi (w). Yo‘l sirtida suv to‘planishi yoki namlik mavjudligi, ayniqsa yuqori tezlikda, shina bilan qoplama o‘rtasidagi ilashish sharoitiga ta’sir qilishi mumkin.

Yoritilganlik yetishmasligi (l). Tungi vaqtda yo‘lni ko‘rish sharoiti, yoritgichlarning ishlashi va qorong‘i hududlarning mavjudligi baholanadi. Indeksda yuqori qiymat yoritish bilan bog‘liq xavf ko‘proq ekanini anglatadi.

Transport oqimi zichligi (q). Bir vaqt birligida uchastkadan o‘tadigan transport vositalari soni yoki oqim zichligi hisobga olinadi. Ushbu parametr xavfni yakka holda belgilamaydi, balki boshqa omillar bilan birga ko‘riladi.

Tarixiy xavf hodisalari (h). Mavjud bo‘lsa, yo‘l-transport hodisalari, xavfli vaziyatlar yoki murojaatlar haqidagi tekshirilgan ma’lumotlardan foydalaniladi. Hodisalar soni transport oqimi va kuzatuv davri hisobga olingan holda talqin qilinishi kerak.



5. Ko‘rsatkichlarni normallashtirish

Ko‘rsatkichlar turli birliklarda ifodalanishi mumkin: notekislik millimetr yoki xalqaro ravonlik ko‘rsatkichi bilan, yoritilganlik lyuksda, oqim esa transport vositalari/soat birligida o‘lchanishi mumkin. Ularni bevosita qo‘shish matematik jihatdan to‘g‘ri emas. Shu sababli har bir omil xavf yo‘nalishi bo‘yicha 0 dan 1 gacha bo‘lgan o‘lchovsiz qiymatga keltiriladi.

ISSN: 3060-4648 | www.eyib.uz

Agar xom ko‘rsatkich x_i uchun xavfning quyi chegarasi L_i va yuqori chegarasi U_i oldindan belgilangan bo‘lsa, xavf ortishi bilan xom qiymat oshadigan parametr uchun quyidagi normallashtirishdan foydalanish mumkin:

$$z_i = \min(1, \max(0, (x_i - L_i)/(U_i - L_i)))$$

Bu yerda z_i - normallashtirilgan ko‘rsatkich; x_i - o‘lchangan qiymat; L_i va U_i - tanlangan quyi va yuqori chegaralar. Agar xom qiymat oshishi xavfni kamaytirsa, teskari yo‘nalishdagi normallashtirish qo‘llanadi. Chegaralar tegishli standartlar, diagnostika metodikasi, mahalliy taqsimot yoki ekspert bahosi asosida belgilanib, maqolada aniq ko‘rsatilishi kerak. Turli yo‘l turlariga bir xil chegaralarni asossiz qo‘llash natijalarni buzishi mumkin.

6. Integral indikatorning matematik modeli

Yo‘l uchastkasining integral xavf indeksi quyidagi vaznli yig‘indi orqali ifodalanadi:

$$I_y = 100\ (w_r + w_w + w_l + w_q + w_h)$$

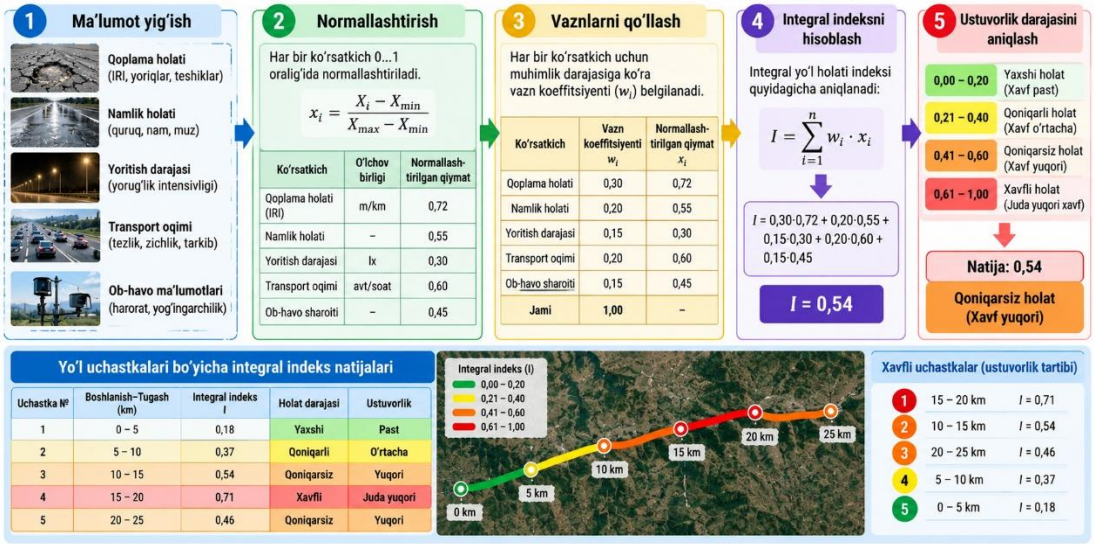
Bu yerda I_y - yo‘l uchastkasining integral xavf indeksi; r, w, l, q va h - 0–1 oralig‘idagi normallashtirilgan ko‘rsatkichlar; w_r, w_w, w_l, w_q va w_h - har bir omilning vazn koeffitsiyentlari.

Vaznlar quyidagi shartlarni bajarishi lozim:

$$w_r + w_w + w_l + w_q + w_h = 1; \quad w_i \geq 0$$

Shunday qilib, I_y indeksi 0-100 oralig‘ida bo‘ladi. Indeksning katta qiymati tanlangan omillar majmuasi bo‘yicha nisbatan yuqori xavf darajasini bildiradi. Biroq bu qiymatning o‘zi avariya sodir bo‘lish ehtimolini foizlarda ifodalamaydi.

Ayrim omillar o‘zaro kuchaytiruvchi ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Masalan, namlik va yoritish yetishmasligi birgalikda muayyan vaziyatda alohida ta’sirlar yig‘indisidan farqli natija berishi mumkin. Bunday holatda modelga qo‘shimcha o‘zaro ta’sir hadi kiritish mumkin, masalan $I_{y*} = I_y + 100k_{wl}(w \cdot l)$. Bunda k_{wl} koeffitsiyenti dalillar bilan asoslanishi, yakuniy indeks esa belgilangan diapazonda qolishi uchun qayta normallashtirilishi kerak. Dastlabki modelda bunday had majburiy emas.



7. Indeksni talqin qilish va amaliy qo‘llash

Dastlabki metodik namuna sifatida indeks qiymatlarini uchta shartli guruhga ajratish mumkin: 0-33 - nisbatan past, 34-66 - o‘rta, 67-100 - yuqori integral xavf.

ISSN: 3060-4648 | www.eyib.uz

Bu chegaralar amaldagi rasmiy me’yor sifatida keltirilmaydi; ular faqat modelni tushuntirish uchun taklif qilingan. Amaliy qo‘llashdan oldin chegaralar mahalliy ma’lumotlar va mutaxassislar bahosi asosida tasdiqlanishi lozim.

Amaliy ish jarayonida indeksni GIS xaritasida ko‘rsatish mumkin. Har bir yo‘l segmentiga hisoblangan qiymat biriktiriladi va rangli xarita orqali muammoli uchastkalar ko‘rinadigan qilinadi. Bunday vizualizatsiya qaror qabul qiluvchilarga ta’mirlash, yoritish yoki qo‘shimcha belgilash zarur bo‘lgan hududlarni solishtirishda yordam beradi.

8. Nazariy misol

Quyidagi hisob faqat matematik usulni namoyish qilish uchun keltiriladi; u real yo‘l uchastkasidan olingan ma’lumot emas. Faraz qilaylik, normallashtirilgan ko‘rsatkichlar r = 0,60; w = 0,70; l = 0,30; q = 0,80; h = 0,40 deb olingan. Shartli vaznlar w_r = 0,25; w_w = 0,20; w_l = 0,15; w_q = 0,20; w_h = 0,20 bo‘lsin. Vaznlar yig‘indisi 1 ga teng.

$I_y = 100(0{,}25 \cdot 0{,}60 + 0{,}20 \cdot 0{,}70 + 0{,}15 \cdot 0{,}30 + 0{,}20 \cdot 0{,}80 + 0{,}20 \cdot 0{,}40)$

$I_y = 100(0{,}150 + 0{,}140 + 0{,}045 + 0{,}160 + 0{,}080) = 57{,}5$

Ushbu shartli misolda integral indeks 57,5 ga teng. Yuqorida ko‘rsatilgan dastlabki, tasdiqlanmagan toifalar bo‘yicha bu o‘rta guruhga tushadi. Natija yo‘l uchastkasi xavfsiz yoki xavfli ekanini mustaqil isbotlamaydi; u qaysi omillarni qayta tekshirish kerakligini ko‘rsatadigan saralash signali sifatida qaraladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. World Health Organization. Global status report on road safety 2023. Geneva: World Health Organization, 2023.

2. ISO 39001:2012. Road traffic safety (RTS) management systems - Requirements with guidance for use.

3. PIARC. Road Safety Manual. World Road Association. Rasmiy onlayn qo‘llanma.

4. European Commission. Road infrastructure safety management: road safety assessment and inspection resources. Rasmiy axborot materiallari.

5. FHWA. Road Safety Audit Guidelines. Federal Highway Administration, United States Department of Transportation.

ISSN: 3060-4648 | www.eyib.uz