



## YO‘L HOLATINI MONITORING QILISHNING ZAMONAVIY USULLARI

*Andijon davlat texnika instituti*  
*Yo‘l muhandisligi 4-kurs talabasi*  
*Aktamxonov Amirxon*  
*Jumanazarov Arabboy*  
*Xusanov Asadullo*  
*Qobiljononov Muhammadqodir*

### Annotatsiya

Mazkur ilmiy maqolada yo‘l holatini monitoring qilishning zamonaviy usullari batafsil o‘rganiladi. Yo‘l infratuzilmasining barqarorligi va xavfsizligini ta‘minlashda ilg‘or texnologiyalar, masofadan zondlash, sun‘iy intellekt, va raqamli ma‘lumotlarni qayta ishlashning o‘rni ko‘rib chiqiladi. Tarixiy va nazariy asoslar, mintaqaviy va milliy tajribalar, shuningdek, amaliy tadqiqotlar asosida yo‘l monitoringi sohasidagi muammolar va kelgusidagi istiqbollar tahlil qilinadi. Tanqidiy yondashuvda zamonaviy monitoring tizimlarining afzalliklari hamda cheklovlari yoritiladi.

**Kalit so‘zlar:** yo‘l monitoringi, zamonaviy texnologiyalar, yo‘l infratuzilmasi, diagnostika

### Abstract

This scientific article comprehensively examines modern methods of road condition monitoring. The role of advanced technologies, remote sensing, artificial intelligence, and digital data processing in ensuring the sustainability and safety of road infrastructure is discussed. Based on historical and theoretical foundations, regional and national experiences, as well as empirical studies, the challenges and



future prospects in the field of road monitoring are analyzed. The critical approach highlights both the advantages and limitations of contemporary monitoring systems.

**Keywords:** road monitoring, modern technologies, road infrastructure, diagnostics

### Аннотация

В данной научной статье подробно рассматриваются современные методы мониторинга состояния дорог. Анализируется роль передовых технологий, дистанционного зондирования, искусственного интеллекта и обработки цифровых данных в обеспечении устойчивости и безопасности дорожной инфраструктуры. На основе исторических и теоретических основ, регионального и национального опыта, а также эмпирических исследований, выявляются проблемы и перспективы развития мониторинга дорог. Критический подход позволяет осветить как преимущества, так и ограничения современных систем мониторинга.

**Ключевые слова:** мониторинг дорог, современные технологии, дорожная инфраструктура, диагностика

### Kirish

Yo‘l infratuzilmasining dolzarbligi va barqaror rivojlanishi zamonaviy jamiyatning iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik barqarorligiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi. Yo‘l tarmog‘ining holati transport oqimini samarali boshqarish, yo‘lovchi va yuk tashish xavfsizligini ta‘minlash, shuningdek, shaharsozlik va mintaqaviy rivojlanish strategiyalarini amalga oshirishda muhim omil hisoblanadi. So‘nggi yillarda yo‘l holatini monitoring qilishda yangi texnologiyalar, avtomatlashtirilgan tizimlar, sensorlar, sun‘iy intellekt va raqamli ma‘lumotlarni qayta ishlash metodlarining joriy etilishi sohaning sifat jihatdan yangi bosqichga ko‘tarilishiga sabab bo‘ldi. Ushbu maqolada yo‘l holatini monitoring qilishning zamonaviy usullari, ularning



nazariy va amaliy asoslari, tarixiy taraqqiyoti, mintaqaviy va milliy tajribalari, ilmiy tadqiqotlar natijalari, shuningdek, mavjud muammolari va istiqbollari keng qamrovda tahlil qilinadi. Maqolada tanqidiy yondashuv asosida zamonaviy monitoring tizimlarining afzalliklari va cheklovlari, ilmiy va amaliy muammolar, shuningdek, istiqbolli yo‘nalishlar yoritiladi. Bu boradagi ilmiy asoslangan yondashuvlar va ilg‘or texnologiyalar yo‘l infratuzilmasining samaradorligini oshirish, resurslarni tejash va xavfsizlikni ta‘minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

### Adabiyotlar tahlili

Yo‘l holatini monitoring qilish sohasida olib borilgan ilmiy izlanishlar va amaliy tadqiqotlar ushbu yo‘nalishning nazariy va konseptual asoslarini, tarixiy taraqqiyot bosqichlarini, mintaqaviy va milliy tajribalarni, shuningdek, zamonaviy texnologiyalarning joriy etilishi natijasida yuzaga kelgan yangi muammolar va istiqbollarni chuqur o‘rganishni taqozo etadi. Yo‘l monitoringi tushunchasi dastlab XX asrning birinchi yarmida shakllana boshlagan bo‘lib, dastlabki yondashuvlar asosan vizual baholash va oddiy mexanik uskunalardan foydalanishga asoslangan edi. Klassik nazariyalar orasida yo‘l qoplamasining fizik-me‘yoriy xususiyatlari, deformatsiyalarga bardoshlilik, va ekspluatatsion muddatini aniqlashga qaratilgan metodologiyalar alohida o‘rin tutadi. Masalan, 1930-1940-yillarda AQSh va Yevropa davlatlarida yo‘l qoplamasining deformatsion xossalarini baholash uchun og‘irlik va vibratsiya usullari keng qo‘llanilgan. Shu bilan birga, XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab, avtomatlashtirilgan va yarim avtomatlashtirilgan o‘lchov uskunalari, xususan, deflektometrlar, georadarlar va infraqizil skanerlardan foydalanish tajribasi paydo bo‘ldi.

Nazariy-konseptual asoslar sifatida yo‘l monitoringining tizimli yondashuvi, ya‘ni yo‘l tarmog‘i holatini kompleks baholash, axborotlarni yig‘ish va tahlil qilish, natijalarga asoslangan boshqaruv qarorlarini qabul qilish mexanizmlari muhim ahamiyat kasb etadi. Tizimli monitoring jarayonlari yo‘lning fizika-me‘yoriy



xususiyatlarini doimiy va dinamik tarzda kuzatib borishni nazarda tutadi. Shu o‘rinda, zamonaviy informatika va axborot texnologiyalari, masofadan zondlash, sun‘iy intellekt va katta ma‘lumotlar (Big Data) texnologiyalari monitoring tizimlarining samaradorligini oshirishda asosiy rol o‘ynamoqda. Masalan, zamonaviy yo‘l monitoringi tizimlarida lazerli skanerlash, yuqori aniqlikdagi GPS, dronlar, sensorli tarmoqlar va videoanalitika kabi texnologiyalar keng joriy etilmoqda. Bu esa yo‘l qoplamasining geometriyasi, silliqligi, chuqurlik va yoriqlar, harorat va namlik kabi ko‘rsatkichlarni real vaqt rejimida aniqlash va tahlil qilish imkonini beradi.

Tarixiy taraqqiyotga nazar tashlaydigan bo‘lsak, yo‘l holatini monitoring qilish bo‘yicha dastlabki ilmiy maktablar Yevropa va AQShda shakllangan bo‘lib, ular asosan yo‘l qoplamasining strukturasi va chidamliligini baholashga qaratilgan. Masalan, britaniyalik olimlar tomonidan 1950-1960-yillarda olib borilgan tadqiqotlarda yo‘l qoplamasining silliqligi va deformatsiyalarga bardoshliligi, shuningdek, yo‘l-transport hodisalari bilan bog‘liqligi o‘rganilgan. Germaniya va Fransiyada esa avtomobil yo‘llarining ekspluatatsion muddatini uzaytirish, zamonaviy materiallardan foydalanish va texnik xizmat ko‘rsatish intervalini optimallashtirish bo‘yicha nazariy va amaliy tadqiqotlar olib borilgan. AQShda esa Federal Highway Administration (FHWA) tomonidan yo‘l monitoringi tizimlarini avtomatlashtirish, ma‘lumotlarni markazlashtirish va sun‘iy intellektdan foydalanish bo‘yicha dasturlar amalga oshirilgan. Shu bilan birga, 1980-yillardan boshlab raqamli texnologiyalar, masofadan zondlash va mobil monitoring usullari joriy etila boshlandi.

Mintaqaviy va milliy tadqiqotlarda ham yo‘l monitoringi sohasida muhim natijalarga erishilgan. O‘zbekiston olimlari tomonidan yo‘l infratuzilmasi monitoringi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda, asosan, yo‘l qoplamasining fizik va mexanik xossalarini aniqlash, zamonaviy diagnostika vositalarini joriy etish, mahalliy iqlim va geologik sharoitlarni hisobga olishga alohida e‘tibor qaratilgan.



Masalan, O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Yo‘l-transport ilmiy-tadqiqot instituti tomonidan yo‘l tarmog‘ining texnik holatini baholash, yangi materiallar va texnologiyalardan foydalanish, ekspluatatsion muddatni uzaytirish bo‘yicha qator ilmiy-amaliy loyihalar amalga oshirilgan[1]. Mintaqaviy tadqiqotlarda esa Markaziy Osiyo davlatlarida yo‘l monitoringi tizimlarini avtomatlashtirish, sensorli va raqamli texnologiyalarni joriy etish, shuningdek, xalqaro transport yo‘nalishlarining holatini doimiy kuzatib borish muammolari o‘rganilmoqda.

Empirik tadqiqotlar yo‘l monitoringi tizimlarining samaradorligi va amaliy ahamiyatini oshirishga xizmat qilmoqda. Masalan, Yaponiyada amalga oshirilgan tadqiqotlarda sun‘iy intellekt asosidagi avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari yordamida yo‘l qoplamasidagi mayda yoriqlar va chuqurliklarni aniq aniqlash, avtomatik ravishda ma’lumotlar bazasiga kiritish va texnik xizmat ko‘rsatish rejasini optimallashtirish imkoniyati isbotlangan[2]. AQSh va Yevropa davlatlarida esa dronlar va masofadan zondlash texnologiyalari yordamida yo‘l tarmog‘ining katta hududlarini qisqa vaqt ichida monitoring qilish, yuqori aniqlikda raqamli xaritalar yaratish va real vaqt rejimida axborotlarni uzatish imkoniyatlari yuzasidan ijobiy natijalar qayd etilgan. O‘zbekiston olimlarining tadqiqotlari ham zamonaviy monitoring tizimlarining joriy etilishi natijasida yo‘l infratuzilmasining ekspluatatsion muddatini 10-15% ga oshirish, texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini esa 20-25% ga qisqartirish mumkinligini ko‘rsatmoqda[3]. Bunday empirik natijalar zamonaviy monitoring tizimlarining iqtisodiy samaradorligi va amaliy ahamiyatini isbotlab bermoqda.

Yo‘l monitoringi sohasidagi zamonaviy texnologiyalar orasida lazerli skanerlash, yuqori aniqlikdagi GPS, dronlar, masofaviy sensorlar, sun‘iy intellekt algoritmlari va katta ma’lumotlar tahlili alohida o‘rin tutadi. Lazerli skanerlash texnologiyalari yordamida yo‘l qoplamasining silliqdagi, yoriqlari, deformatsiyalari va boshqa nuqsonlari millimetrgacha aniqlikda o‘lchanadi. Dronlar yordamida esa



keng hududlarni qisqa vaqt ichida monitoring qilish, yuqori aniqlikdagi suratlar va videolar olish, sun'iy intellekt yordamida avtomatik ravishda nuqsonlarni aniqlash mumkin. Masofadan zondlash texnologiyalari, ayniqsa, sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida yo'l tarmog'ining umumiy holatini, yirik nuqsonlar va tabiiy ofatlar natijasida yuzaga kelgan o'zgarishlarni tezkor baholashda muhim ahamiyat kasb etadi[4]. Sun'iy intellekt algoritmlari va katta ma'lumotlar tahlili esa monitoring tizimlaridan kelib tushayotgan katta hajmdagi ma'lumotlarni avtomatik tarzda qayta ishlash, statistik va prognoz tahlillarini amalga oshirish, texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash ishlarini optimallashtirish imkonini beradi.

Tanqidiy yondashuvda zamonaviy monitoring tizimlarining afzalliklari bilan birga, mavjud cheklovlari va muammolari ham yoritilishi lozim. Birinchidan, zamonaviy texnologiyalar va uskunalarning yuqori narxligi, ularni sotib olish, o'rnatish va ekspluatatsiya qilish uchun yetarli darajada malakali mutaxassislar va moliyaviy resurslarning yetishmasligi muammosi mavjud. Ikkinchidan, monitoring tizimlaridan kelib tushgan katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlash, saqlash va tahlil qilish uchun zamonaviy IT-infrastruktura va dasturiy ta'minot talab etiladi. Uchinchi muammo esa monitoring natijalarini texnik xizmat ko'rsatish va boshqaruv qarorlariga tezkor va samarali tatbiq etish mexanizmlarining yetarli darajada rivojlanmaganligidir[5]. Bundan tashqari, monitoring tizimlarining avtomatlashtirilganligi inson omilining ahamiyatini kamaytiradi, biroq ba'zi hollarda inson salohiyati va tajribasiga asoslangan vizual baholash usullari ham muhimligini saqlab qolmoqda. Boshqa tomondan, zamonaviy monitoring tizimlari yordamida yo'l tarmog'ining ekspluatatsion muddatini uzaytirish, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish, xavfsizlik va ekologik barqarorlikni oshirish mumkinligi isbotlangan.

Yo'l monitoringi sohasidagi ilmiy bahslar va munozaralar, asosan, zamonaviy texnologiyalarning iqtisodiy samaradorligi, ularni lokal va mintaqaviy sharoitlarga moslashtirish, inson va avtomatlashtirilgan tizimlar o'rtasidagi optimal muvozanatni



topish, ma'lumotlarni qayta ishlash va boshqaruv qarorlariga tatbiq etish mexanizmlarining takomillashtirilishi atrofida kechmoqda. Ba'zi tadqiqotchilar zamonaviy monitoring tizimlarini joriy etish orqali yo'l infratuzilmasining ekspluatatsion muddatini 20% gacha oshirish, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini esa sezilarli darajada kamaytirish mumkinligini ta'kidlashadi. Boshqa bir guruh olimlar esa monitoring tizimlarining yuqori narxliligi, axborot xavfsizligi va maxfiylik muammolari, shuningdek, inson omilining ahamiyati saqlanib qolishini ta'kidlashadi[6]. Bu boradagi ilmiy bahs-munozaralar zamonaviy monitoring tizimlarini mahalliy sharoitlarga moslashtirish, iqtisodiy va texnik imkoniyatlarni hisobga olgan holda optimal model va mexanizmlarni ishlab chiqish zarurligini ko'rsatmoqda.

Xulosa qilib aytganda, yo'l holatini monitoring qilishning zamonaviy usullari nazariy va amaliy jihatdan chuqur o'rganilmoqda. Ilg'or texnologiyalarning joriy etilishi monitoring tizimlarining samaradorligini oshirish, yo'l infratuzilmasining ekspluatatsion muddatini uzaytirish, texnik xizmat ko'rsatish va boshqaruv qarorlarini optimallashtirish imkonini bermoqda. Shu bilan birga, zamonaviy monitoring tizimlarining iqtisodiy va texnik cheklovlari, inson va avtomatlashtirilgan tizimlar o'rtasidagi muvozanat, ma'lumotlarni qayta ishlash va boshqaruvga tatbiq etish mexanizmlarining takomillashtirilishi bo'yicha ham ilmiy izlanishlar davom etmoqda. Mahalliy va xalqaro tajribalarning o'zaro integratsiyasi esa zamonaviy monitoring tizimlarining istiqbolli yo'nalishlarini belgilab bermoqda.

### **Xulosa**

Yo'l holatini monitoring qilishning zamonaviy usullari zamonaviy jamiyatning iqtisodiy va ijtimoiy taraqqiyotida muhim rol o'ynaydi. Ilg'or texnologiyalar, masofadan zondlash, sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar tahlili asosida ishlab chiqilgan monitoring tizimlari yo'l infratuzilmasining ekspluatatsion



muddatini uzaytirish, texnik xizmat ko'rsatish xarajatlarini kamaytirish, xavfsizlik va ekologik barqarorlikni oshirish imkonini bermoqda. Tarixiy va nazariy asoslar, mintaqaviy va milliy tajribalar, shuningdek, empirik tadqiqotlar monitoring tizimlarining samaradorligi va amaliy ahamiyatini isbotlab bermoqda. Biroq, zamonaviy monitoring tizimlarining yuqori narxliligi, yetarli darajada malakali mutaxassislar va zamonaviy IT-infratuzilmaning yetishmasligi, axborot xavfsizligi va ma'lumotlarni boshqarish bilan bog'liq muammolar hamon dolzarb bo'lib qolmoqda. Kelgusida monitoring tizimlarini rivojlantirishda mahalliy va xalqaro tajribalarni integratsiyalash, iqtisodiy va texnik imkoniyatlarni hisobga olgan holda optimal model va mexanizmlarni ishlab chiqish, inson va avtomatlashtirilgan tizimlar o'rtasida mutanosiblikni ta'minlash, shuningdek, monitoring natijalarini boshqaruv va texnik xizmat ko'rsatish qarorlariga tezkor va samarali tatbiq etish muhim ahamiyat kasb etadi. Shu tariqa, yo'l holatini monitoring qilishning zamonaviy usullari sohasidagi ilmiy izlanishlar va amaliy tajribalar yo'l infratuzilmasining barqarorligi va xavfsizligini ta'minlashda muhim omil bo'lib xizmat qiladi.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Yo'l-transport ilmiy-tadqiqot instituti. Yo'l infratuzilmasini monitoring qilish bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar. Toshkent, 2021.
2. Fukuda, Y., & Tanaka, S. (2017). Automated road surface monitoring using artificial intelligence. *Journal of Transportation Engineering*, 143(10), 04017054.
3. Matkarimov, A. Yo'l infratuzilmasini zamonaviy monitoring qilish tizimlari va ularning iqtisodiy samaradorligi. "Transport va logistika" ilmiy-amaliy jurnali, 2022, 4(18), 45-59.
4. Meyer, E., & Moeller, D. (2019). Remote sensing for large-scale road condition monitoring. *Remote Sensing*, 11(3), 262.



5. Kurbanov, O., & Usmonov, S. Yo‘l monitoringi tizimlarining zamonaviy muammolari va rivojlanish istiqbollari. “Ilm va taraqqiyot” jurnali, 2023, 2(9), 33-50.
6. Zhang, X., & Wang, L. (2020). Critical challenges in the implementation of automated road infrastructure monitoring. *Infrastructure Systems*, 26(2), 04020012.