



ANT-INSPECT 360 BIONIK ROBOTIDA 360° PANORAMALI VIZUAL VA LIDAR SKANERLASH INTEGRATSIYASI HAMDA 3D DIAGNOSTIKA USULLARI

Ramazonov Lazizxon Xojiakbar o'g'li
(Toshkent davlat transport universiteti)

Annotatsiya: *Maqola tunnellar va yopiq muhandislik inshootlarida mikro-deformatsiyalar hamda yoriqlarni real vaqt rejimida 3D ko'rinishda diagnostika qilish texnologiyasiga bag'ishlangan. "Ant-Inspect 360" robototexnik apparatida 360° panoramali kameralar hamda LiDAR (Light Detection and Ranging) skanerlash tizimining o'zaro integratsiyasi hamda 3D raqamli xaritalash usullari tahlil qilingan.*

Kirish so'zlar: *LiDAR skanerlash, 360° panoramali kamera, 3D raqamli egizak, vizual diagnostika, mikroyoriqlar, Ant-Inspect 360, avtomatlashtirilgan monitoring.*

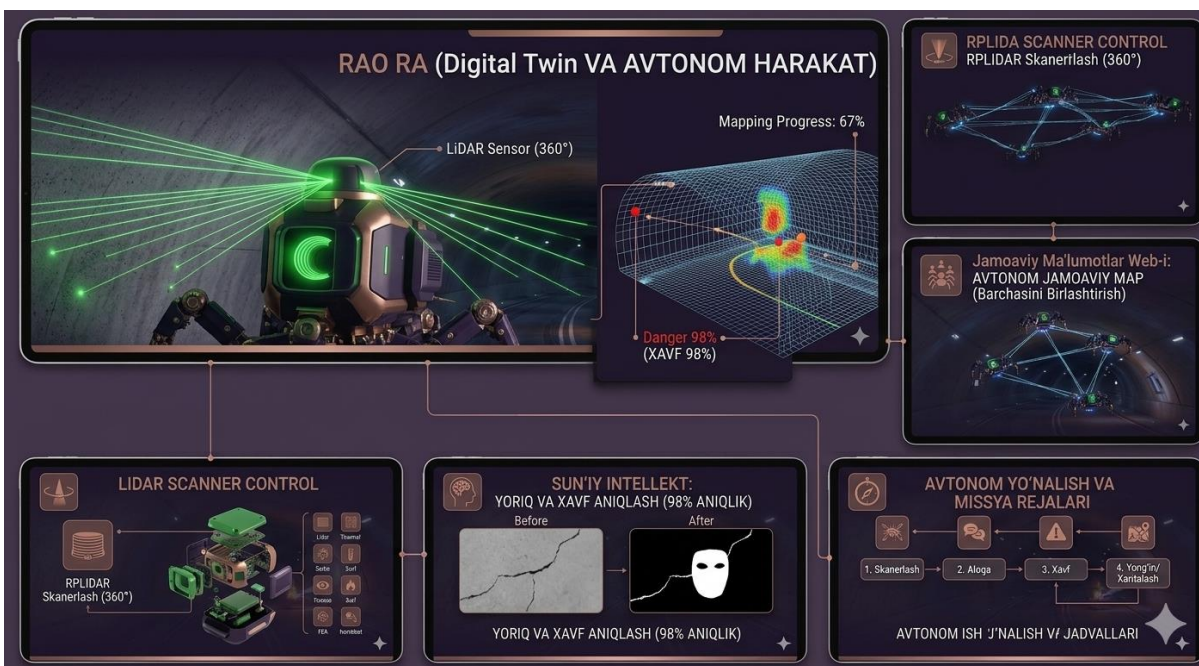
Abstract: *The article is dedicated to the technology of real-time 3D diagnostics of micro-deformations and cracks in tunnels and closed engineering structures. It analyzes the integration of 360° panoramic cameras and LiDAR (Light Detection and Ranging) scanning systems, as well as 3D digital mapping methods, in the "Ant-Inspect 360" robotic device.*

Keywords: *LiDAR scanning, 360° panoramic camera, 3D digital twin, visual diagnostics, micro-cracks, Ant-Inspect 360, automated monitoring.*

Infratuzilma ob'ektlarining raqamli monitoringida sirt nuqsonlarini nafaqat aniqlash, balki ularning hajmiy (3D) koordinatalarini hamda rivojlanish dinamikasini qayd etib borish o'ta muhim ahamiyat kasb etadi. Tunnellar va yopiq muhandislik inshootlarida mikro-deformatsiyalar hamda yoriqlarni real vaqt



rejimida diagnostika qilish maqsadida "Ant-Inspect 360" bionik robototexnik apparati bazasida ko'p datchikli optik-lazerli kompleks ishlab chiqilgan. Robotning vizual nazorat va skanerlash moduli ikkita asosiy apparatiy komponentning sinxron integratsiyasiga asoslanadi: 360° panoramali optik kameralar bloki hamda yuqori aniqlikdagi LiDAR (Light Detection and Ranging) lazerli skaneri.



Robot tunnelning vertikal devorlari va shiftlarida bionik mikro-ilgaklar (micro-hooks) massivi orqali barqaror harakatlanganda, tebranishlarning minimal darajasi datchiklardan olinadigan ma'lumotlarning aniqligini ta'minlaydi. LiDAR skaneri har bir soniyada yuz minglab impuls lazer nurlarini atrofga yo'naltirib, sirtgacha bo'lgan masofani millimetrik aniqlikda o'lchaydi va tunnel ichki fazosining uch o'lchamli nuqtalar bulutini (Point Cloud) shakllantiradi. Bir vaqtning o'zida 360° panoramali kamera sirtning yuqori ajratish quvvatiga ega optik tasvirlarini tasvirga oladi. Ma'lumotlarni qayta ishlash bosqichida maxsus dasturiy algoritmlar orqali optik piksellarning rang va tekstura ma'lumotlari LiDAR nuqtalar buluti koordinatalari bilan ustma-ust tushiriladi (texture mapping).

Natijada tunnelning haqiqiy geometrik va fizik holatini aks ettiruvchi yuqori aniqlikdagi raqamli egizagi (Digital Twin) yaratiladi. Sun'iy intellekt va neyron



tarmoqlariga asoslangan tasvirlarni qayta ishlash algoritmlari ushbu 3D model bazasida eni 360° bo'lgan mikroyoriqlarni, beton qatlaminig ko'chishi va namlik to'planayotgan zonalarini avtomatik ravishda identifikatsiya qiladi. Bionik platformaning harakatlanish barqarorligi va 360° vizual-LiDAR integratsiyasining birgalikda qo'llanilishi tunnel inshootlarining profilaktik ko'rigini to'liq avtomatlashtirish, nuqsonlarni boshlang'ich bosqichda aniqlash va avariya holatlarining oldini olish imkonini beradi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda tunnellar va yopiq muhandislik inshootlarida mikro-deformatsiyalar hamda yoriqlarni real vaqt rejimida 3D ko'rinishda diagnostika qilish texnologiyasi va uning "Ant-Inspect 360" robototexnik apparatidagi amaliy integratsiyasi tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, an'anaviy vizual ko'ik usullari va faqat 2D tasvirga tayangan diagnostika tizimlari tunnel inshootlarining makkor deformatsiyalarini erta bosqichda aniqlashda hamda ularning hajmiy ko'lamini baholashda yetarsiz hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. **UZ FAP 01485.** Vertikal va qiya sirlarda harakatlanuvchi robototexnik qurilmalar va ularning harakat mexanizmlari. – O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk departamenti.
2. **CN 113246872 A.** A tunnel inspection robot based on multi-sensor fusion and 3D LiDAR scanning. – China National Intellectual Property Administration, 2021.
3. **US 10,836,441 B2.** Wall-climbing robot with micro-structured adhesive / micro-hooks for infrastructure inspection. – United States Patent Office, 2020.



4. **WO 2021/045892 A1.** Autonomous robotic system for internal structural monitoring of pipelines and tunnels. – World Intellectual Property Organization (WIPO), 2021.
5. **Zhang, L., & Wang, H.** (2023). Real-Time 3D Digital Twin Mapping of Underground Tunnels Using LiDAR and Panoramic Vision Fusion. *Journal of Field Robotics*, 40(4), 912–928.
6. **Chen, X., & Patel, K.** (2022). Automated Micro-Crack Detection in Concrete Structures Using Deep Learning and High-Resolution Point Clouds. *Automation in Construction*, 138, 104231.