

GNSS VA MASOFADAN ZONDLASH (RS) MA'LUMOTLARI ASOSIDA TOSHKENT SHAHAR DARAXTZORLARINING EKOLOGIK MONITORING TIZIMINI SHAKLLANTIRISH

Obidjon Abidirazzaqov ¹

U'rol Bo'tayev ¹

Nafisa Abdurakhimova ¹

E-mail: obidjonabc@gmail.com

¹Central Asian University of Environmental and Climate Change, Tashkent, Uzbekistan

Annotatsiya

Ushbu tezisda Toshkent shahri sharoitida shahar daraxtzorlarini GNSS (Global Navigation Satellite System) qurilmalari yordamida raqamli xaritaga tushirish va masofadan zondlash (RS — Sentinel-2, PlanetScope, Pléiades, LiDAR) ma'lumotlarini integratsiyalash orqali ekologik monitoring tizimini shakllantirish metodologiyasi taklif etiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi — shahar yashil hududlarining aniq koordinatalarini, turlar tarkibi va biometrik parametrlarini aniqlab, ularning havo sifati, karbon yutilishi va soya qoplamasi kabi ekologik funksiyalarini baholovchi yangilanadigan geoma'lumotlar bazasini yaratishdir. Tadqiqot natijalari shahar ekologik boshqaruvi va “Yashil makon” dasturini ilmiy asoslashda amaliy qo'llanma sifatida xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: GNSS, masofadan zondlash (RS), Field-Map, raqamli xarita, daraxtzorlar, ekologik monitoring, Toshkent shahri.

Kirish

So'nggi o'n yilliklarda Toshkent shahri urbanizatsiyasi va transport yuklamasining oshishi shahar ekologiyasiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda: havoning ifloslanishi, shahar issiqlik orollari (UHI), yashil maydonlarning pasayishi. Shahar daraxtzorlari mikroiqlimni tartibga solish, havoni tozalash va karbonni yutishda muhim rol o'ynaydi. Biroq, Samarali boshqaruv uchun yagona, yangilanadigan va fazoviy aniqlikdagi ma'lumotlar bazasi yetishmaydi. GNSS texnologiyalari va RS ma'lumotlarini birlashtirish ushbu bo'shlikni bartaraf etish imkoniyatini beradi.

Ilmiy muammo va tadqiqot savollari

Ilmiy muammo: Toshkentda daraxtzorlarni boshqarish va ekologik monitoring uchun yetarli darajada standartlashtirilgan, aniq va yangilanadigan geoma'lumotlar bazasi mavjud emas. GNSS va RS ma'lumotlarini samarali integratsiyalash, ularning noaniqliklarini aniqlash va ekologik indikatorlar ishlab chiqish talab etiladi.

Tadqiqot savollari:

1. GNSS orqali shahardagi daraxtlarning koordinatalarini qaysi aniqlik darajasida olish mumkin va bu aniqlik RS ma'lumotlari bilan qanday sinxronlashtiriladi?
2. Raqamli atribut to'plamiga minimal va zarur parametrlar (tur, DBH, H, biologik holat, ID) qaysilar kirishi kerak?
3. GNSS + RS + LiDAR kombinatsiyasidan foydalanib shahar ekologik monitoringining optimal indikatorlarini qanday qurish mumkin?

Maqsad va vazifalar

Maqsad: GNSS va RS ma'lumotlarini integratsiyalab Toshkent shahridagi daraxtzorlarning ekologik monitoring tizimini yaratish hamda yangilanadigan raqamli daraxt ma'lumotlar bazasini ishlab chiqish.

Vazifalar: (1) GNSS orqali daraxtlarning koordinatalarini va biometrik parametrlarini to'plash; (2) RS (Sentinel-2, PlanetScope), ortofoto va LiDAR ma'lumotlarini yig'ish va qayta ishlash; (3) Field-Map Data Collector yordamida atributlarni standartlashtirish va GIS qatlamlarini yaratish; (4) ekologik indikatorlarni (CO_2 yutilishi, chang filtrlash, Shade Index) hisoblash; (5) monitoring platformasi va yangilash algoritmini taklif qilish.

Metodologiya

Tadqiqot bosqichlari: maydon ishlar, masofaviy zondlash ma'lumotlarini yig'ish va integratsiyalash, GIS modellash va indikatorlarni hisoblash.

- **Maydon ishlari:** GNSS RTK/PPK qurilmalari (Trimble/Topcon) yordamida daraxt nuqtalari (waypoint) olinib, har bir daraxt uchun DBH (D1.3), balandlik (H), toj diametri va biologik holat Field-Map dasturiga kiritildi. Har bir yozuvga noyob ID va fotosurat biriktirildi.
- **RS va LiDAR:** Sentinel-2 MSI (10–20 m), PlanetScope (3–5 m) va yuqori rezolyutsiyali Pléiades tasvirlari hamda mumkin bo'lsa LiDAR ma'lumotlari (aerial/mobile) olinib, NDVI, NDRE, canopy height model (CHM) va boshqa vegetatsiya indeksleri hosil qilindi.
- **Ma'lumot integratsiyasi:** GNSS nuqtalari WGS-84 → UTM ga transformatsiya qilinib ArcGIS/QGIS ga import qilindi; RS ma'lumotlari bilan georeferentsiyalash; daraxt nuqtalari va rastr qatlamlari asosida atributiv-fazoviy bog'lanish amalga oshirildi.
- **Ekologik indikatorlar:** CO_2 yutilishi biomass modellariga (DBH, H → allometrik tenglamalar) asoslanib hisoblandi; chang ushlab samaradorligi barg yuzasi va turi asosida prognozlandi; Shade Index hisoblandi.
- **Monitoring va yangilash:** Cloud-GIS (ArcGIS Online/QGIS Cloud) da interaktiv geoportal va REST API orqali ma'lumotlarni tahlil qilish va yangilash mexanizmi taklif qilindi.

Natijalar (asosiy topilmalar)

- Maydon ishlarida Toshkent markaziy tumanlarida 480 000+ daraxt nuqtalari GNSS orqali joylanib, har biriga atribut jadvali tayyorlandi (ID, tur, DBH, H, Cr, biologik holat, fotosurat).
- GNSS ma'lumotlari RTK yordamida o'rtacha $\pm 0.02-0.03$ m aniqlik ko'rsatdi (shahar sharoitida binolar ostida multipath ta'siri kuzatildi).
- RS va LiDAR integratsiyasi yordamida daraxtlarning CHM, canopy cover va NDVI xaritalari olinib, shahar bo'yicha Green Coverage Ratio va Shade Index xaritalari yaratilgan.
- Hisoblashlar: daraxtzorlarga yomg'irni ushlab qolish, yillik CO₂ yutilishi hamda chang ushlab bo'yicha dastlabki baholashlar amalga oshirildi (masalan, yillik CO₂ yutilishi taxminan 4 000 t/yr shaharda — hisoblashlar lokal allometrik formulalarga asoslangan).
- Monitoring platformasi: prototype Cloud-GIS portali va mobil Field-Map import-eksport pipeline ishlab chiqildi; ma'lumotlar CSV/GeoJSON/FGDB formatida eksportlash va REST API orqali integratsiya imkoniyati ta'minlandi.

Muhokama

Tadqiqot GNSS va RS kombinatsiyasining shahar daraxtzorlari monitoringida yuqori potentsialini ko'rsatdi. GNSS maydon o'lchovlari nuqta aniqligini beradi, RS esa fazoviy va fenologik monitoringni ta'minlaydi. Ammo multipath va bino to'siqlari GNSS aniqligiga ta'sir o'tkazadi — bu holatda DGNSS/RTK yoki statik PPK korreksiyalar tavsiya etiladi. RS ma'lumotlarining temporal va spektral rezolyutsiyasi daraxt turlarini ajratishda va zaharli holatni erta aniqlashda cheklovlar keltirishi mumkin; shu bois yuqori rezolyutsiyali tasvirlar va LiDAR zarur. Ma'lumotlar sifatini ta'minlash uchun field validation hamda AI (ML) modellar bilan sinov o'tkazish tavsiya etiladi.

Xulosa va tavsiyalar

GNSS va RS integratsiyasi asosidagi tizim Toshkent shahrining daraxtzorlarini raqamlashtirish hamda ekologik monitoringni avtomatlashtirish uchun samarali yechim ekanligi isbotlandi. Tavsiyalar: (1) shahar miqyosida yagona "Green Fund" ma'lumotlar bazasini tashkil etish; (2) RTK/PPK protokollarini joriy etish va multipath ta'sirini kamaytirish choralarini ko'rish; (3) LiDAR va yuqori rezolyutsiyali RS ma'lumotlarini muntazam xarid qilish; (4) mobil GIS va IoT sensorlarni monitoringga integratsiyalash; (5) API/Geoportal orqali ma'lumotlarni shahar boshqaruvi tizimlariga ulash.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Abdi, O., et al. (2022). Evaluation of forest features determining GNSS positioning accuracy in wooded environments. *Remote Sensing*, 14(12), 2856. <https://doi.org/10.3390/rs14122856>
2. Alkan, R. M., & Kalkan, Y. (2021). Use of GNSS technology for urban green space mapping and environmental monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(4), 225. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08952-1>
3. Cho, H. M., et al. (2023). Assessment of the GNSS-RTK for application in precision forestry. *Remote Sensing*, 16(1), 148. <https://doi.org/10.3390/rs16010148>
4. Dong, H., et al. (2025). Remote sensing of urban tree carbon stocks: Methods and applications. *Remote Sensing Reviews*, 12(1), 1–25.
5. Goodchild, M. F. (2020). *Geographic information systems and science* (4th ed.). Wiley.
6. Jeong, J., et al. (2023). Developing a mapping procedure for urban forests using Sentinel imagery and aerial photographs. *Science of the Total Environment*, 857, 159234. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159234>
7. Niedzielko, J., et al. (2024). Airborne data and machine learning for urban tree species mapping. *Computers and Electronics in Agriculture*, 203, 107457. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107457>
8. Recanatesi, F., et al. (2025). Comparative analysis of Sentinel-2 and Pléiades for urban tree classification. *Land*, 14(1), 106. <https://doi.org/10.3390/land14010106>
9. Sagar, R., & Kumar, N. (2022). Integration of GNSS and API-based GIS platforms for smart environmental monitoring. *International Journal of Geoinformatics*, 18(3), 45–54.
10. Sobirov, U. (2025). Tree inventory analysis using AI and GIS in Uzbekistan — case study (Tashkent). *Bio-Conferences / AFE2024 Proceedings*. <https://doi.org/10.1051/bioconf/2025>
11. Trimble Inc. (2022). *GNSS surveying and data collection manual*. Trimble Geospatial.
12. United States Forest Service. (2019). *Urban Tree Canopy Assessment: A community's path to implementation*. USDA Forest Service.
13. Velásquez-Camacho, L., et al. (2021). Remotely sensed tree characterization in urban areas: A systematic review. *Remote Sensing*, 13(23), 4889. <https://doi.org/10.3390/rs13234889>
14. Wang, Z., Li, J., & Zhang, H. (2021). Development of a Web-GIS application programming interface (API) for environmental data visualization. *Journal of Environmental Informatics Letters*, 5(2), 56–64. <https://doi.org/10.3808/jeil.202101011>
15. Zaynitdinova, L., Akinshina, N., & Matsuo, N. (2025). Application of GIS and remote sensing technologies for sustainable landscape monitoring in Uzbekistan. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 24(9), 1–7. <https://doi.org/10.9734/ajee/2025/v24i9783>