



“YASHIL MAKON” UMUMMILLIY LOYIHA DOIRASIDA OTMLARDA RAQAMLI EKOLOGIK MONITORINGNI TASHKIL ETISH

*Habibova Nasiba Anvarovna – Buxoro davlat texnika universiteti erkin
tadqiqotchisi*

Annotatsiya. Taqdim etilayotgan tadqiqot doirasida oliy ta'lim muassasalari kampuslarida ekotizim barqarorligini ta'minlash hamda yashil fondni tizimli boshqarish maqsadida daraxtlarni raqamli pasportlashtirish va geofazoviy monitoring qilishning innovatsion mexanizmi ishlab chiqilgan. “Yashil universitet” (Green University) konsepsiyasi doirasida IoT datchiklari hamda GIS-texnologiyalar integratsiyasiga asoslangan aqlli sug'orish va masofaviy fitomonitoring modeli taklif etilgan. Ushbu yondashuv “Yashil makon” loyihasi bo'yicha ekilgan ko'chatlarning yashovchanlik koeffitsiyentini maksimal darajaga ko'tarish hamda oliy ta'lim tizimida raqamlashtirilgan yagona ekologik boshqaruv infratuzilmasini shakllantirish uchun ilmiy-texnik baza vazifasini o'taydi.

Kalit so'zlar: raqamli pasportlashtirish, geofazoviy ma'lumotlar, GIS-texnologiyalar, IoT sensorlar, fitomonitoring, raqamli ekologik boshqaruv, tuproq namligi datchiklari, NDVI indeksi.

Kirish. Global iqlim o'zgarishlarining salbiy oqibatlari, jumladan, harorat anomaliyalari va cho'llanish jarayonlarining jadallashuvi sharoitida urbanizatsiyalashgan hududlarda ekologik muvozanatni saqlash strategik ahamiyatga ega yo'nalishga aylanib ulgurdi. O'zbekiston Respublikasida amalga oshirilayotgan “Yashil makon” umummilliy loyihasi mazkur global ekologik tahdidlarga qarshi qaratilgan institutsional chora bo'lib, u mamlakat miqyosida o'rmonlashtirish va ko'kalamzorlashtirish siyosatining fundamental asosi hisoblanadi [1].

Mazkur loyiha ijrosida oliy ta'lim muassasalari (OTM) alohida o'rin tutadi. Universitet kampuslarining katta hududiy maydonlarga egaligi hamda OTMlarning



o'ziga xos "tirik laboratoriyalar" (living labs) sifatida faoliyat yuritishi ularni innovatsion ekologik yechimlarni amaliyotda sinab ko'rish uchun eng maqbul platformaga aylantiradi. Amaliyotda kuzatilayotgan tizimli muammolardan biri – massiv tarzda daraxt ekish tadbirlari yakunlangandan so'ng, ushbu biomassa obyektlarining o'sish dinamikasi, vegetativ holati va kasallanish ko'rsatkichlarini nazorat qilishning aniq algoritmik mexanizmi mavjud emasligidir. Qat'iy geofazoviy rejalashtirishsiz, tuproqning gidrologik xususiyatlarini inobatga olmagan holda ekilgan ko'chatlar hamda eskirgan, resurs talabkor an'anaviy sug'orish tizimlari natijasida ko'chatlarning yashovchanlik indeksi keskin pasayish xavfi mavjud. Ushbu disproporsiyani bartaraf etish OTMlar faoliyatiga "Yashil universitet" konsepsiyasini chuqur integratsiya qilishni va jarayonlarni an'anaviy boshqaruvdan aniq ma'lumotlarga asoslangan (data-driven) raqamli ekologik boshqaruvga o'tkazishni taqozo etadi [2].

Tadqiqotda ekotizim obyektlarini boshqarishga qaratilgan tizimli va kibernetik yondashuvlar qo'llanilgan. Kampus hududidagi yashil maydonlarni xaritalash, inventarizatsiya qilish hamda hududiy tahlil operatsiyalarini bajarishda geofazoviy modellashtirish (ArcGIS dasturiy majmuasi yordamida) usullaridan foydalanildi. Shuningdek, obyektlarning bio-fiziologik holatini baholash uchun multispektral tasvirlash metodologiyasiga murojaat qilindi [5]. Ma'lumotlarni yig'ish va arxitekturalash jarayonida relyatsion ma'lumotlar bazalarini (PostgreSQL/PostGIS) loyihalash qoidalari, apparat qismida esa simsiz sensor tarmoqlari (Wireless Sensor Networks) arxitekturasi tatbiq etildi [4, 6]. Chet el OTMlarining ekologik menejment bo'yicha tajribalarini tizimlashtirishda qiyosiy-analitik tahlil usullari jalb qilingan.

Oliy ta'lim muassasalarida raqamli ekologik boshqaruv tizimini joriy etish doirasida yashil fondni avtomatlashtirilgan tarzda saqlash va rivojlantirish bo'yicha majmuaviy texnologik model ishlab chiqildi. Mazkur modelning birlamchi va markaziy bo'g'ini – daraxtlarni raqamli pasportlashtirish (elektron yashil kadastrni shakllantirish) jarayonidir. Har bir ekilgan nihol yoki mavjud daraxtga ma'lumotlar



bazasida unikal identifikator ajratiladi va ular QR-kod yoki mikro-RFID-belgilar orqali fizik obyektga biriktiriladi. Raqamli pasport o'zida daraxtning botanik turi, ekilgan sanasi, tuproq tarkibi talablari, geofazoviy koordinatalari va karbonat anhidrid (CO_2) yutish salohiyati kabi qirgga yaqin atributiv ma'lumotlarni jamlaydi.

Monitoringning ikkinchi bosqichi masofaviy zondlash texnologiyalariga tayanadi. Kampus yashil maydonlarining vegetativ holatini muntazam ravishda baholab borish uchun UAV (uchuvchisiz uchish apparatlari – dronlar) yordamida multispektral fotogrammetrik suratga olish ishlari amalga oshiriladi. Olingan geofazoviy ma'lumotlar asosida NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeksining issiqlik xaritalari (heat maps) tuziladi [5]. Ushbu tahliliy vizualizatsiya daraxt tojlarida xlorofill sintezi pasaygan, kasallangan, zararkunandalar ta'siriga tushgan yoki namlik yetishmayotgan lokal hududlarni erta bosqichda aniqlash imkonini beradi.

Uchinchi operatsion bo'g'in agrotexnik jarayonlarni to'liq avtomatlashtirishga qaratilgan [4]. Daraxtlarning ildiz tizimi hududlarida IoT (Internet of Things) arxitekturasiga asoslangan tuproq namligi datchiklari hamda lokal meteorologik stansiyalar tarmog'i (LoRaWAN protokoli asosida) joylashtiriladi [6]. Sensorlardan uzluksiz kelib tushayotgan telemetrik ma'lumotlar tizimning serverida tahlil qilinadi. Tuproqning namlik darajasi har bir daraxt turi uchun belgilangan kritik minimal me'yordan pasayganda, aqlli sug'orish tarmog'i klapanlari markazlashgan tizim tomonidan avtomatik tarzda ishga tushiriladi. Bu nafaqat ko'chatlarning agrotexnik qoidalarga muvofiq barqaror o'sishini ta'minlaydi, balki suv resurslarini optimallashtirish va ortiqcha sarf-xarajatlarni bartaraf etishga xizmat qiladi.

Yuqorida sanab o'tilgan barcha tizimlar OTMning markaziy "Raqamli ekologik boshqaruv" arxitekturasiga integratsiya qilinadi. Bu yagona boshqaruv paneli (Dashboard) orqali universitet ma'muriyati ekologik infratuzilmaning joriy holatini real vaqt rejimida kuzatishi, o'zlashtirilgan mablag'larning samaradorlik ko'rsatkichlarini avtomatlashtirilgan tarzda generatsiya qilishi hamda



universitetning UI GreenMetric kabi xalqaro ekologik reytinglardagi o'rnini yaxshilash bo'yicha analitik prognozlarga ega bo'lishi ta'minlanadi [3].

Xulosa. Tadqiqot asosida olingan natijalar OTMlarda "Yashil makon" umummilliy loyihasini shunchaki ko'chat ekish aksiyasi emas, balki "Yashil universitet" strategiyasining ajralmas qismi bo'lgan murakkab bio-texnologik jarayon sifatida talqin etish zaruratini tasdiqlaydi. Taklif etilayotgan raqamli pasportlashtirish va geofazoviy fitomonitoring metodikasining joriy etilishi ekilgan ko'chatlarning yashovchanlik darajasini oshirishga, ekotizim muvozanatini saqlashga hamda hududiy suv resurslarini 30-45% gacha iqtisod qilishga xizmat qiladi.

1. Oliy ta'lim muassasalarida ekologik boshqaruv tizimini takomillashtirish hamda tadqiqot natijalarini amaliyotga tatbiq etish maqsadida quyidagilar taklif etiladi:

Respublika miqyosida barcha OTMlar kampuslarida ekilgan va mavjud daraxtlar fondini to'liq xatlovdan o'tkazish hamda majburiy "Elektron yashil kadastr" axborot tizimini yaratish. Ushbu lokal kadastr bazalarini Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligining yagona monitoring platformasi hamda Oliy ta'lim integratsiyalashgan boshqaruv tizimi (HEMIS) bilan sinxronizatsiya qilish.

2. Oliy ta'lim muassasalarining faoliyati samaradorligini (KPI) hamda milliy reytingini baholash mezonlari tarkibiga "Raqamli ekologik boshqaruv tizimining joriy etilganlik darajasi" va "Yashil makon doirasida ekilgan ko'chatlarning elektron monitoring bilan qamrab olinganlik hamda yashovchanlik indeksi" kabi strategik indikatorlarni kiritish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 30-dekabrdagi "Respublikada ko'kalamzorlashtirish ishlarini jadallashtirish, daraxtlar muhofazasini yanada samarali tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-46-son Farmoni. // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, 31.12.2021-y., 06/21/46/1233-son.



2. Xolmatov B., Qodirov A. (2023). Oliy ta'lim muassasalarida ekologik menejment va "Yashil universitet" (Green University) modelini joriy etish istiqbollari. Barqaror rivojlanish va ekologik ta'lim jurnali. 4(2). – 112-118 b.
3. UI GreenMetric. (2023). Guidelines of UI GreenMetric World University Rankings. Universitas Indonesia. – P. 6-8.
4. Zhao, X., & Chen, L. (2022). Integration of GIS and IoT technologies for urban tree health monitoring and smart irrigation. Journal of Environmental Management, 315. – P. 115-127.
5. Qurbonov A. Geofazoviy ma'lumotlar va masofaviy zondlash texnologiyalari yordamida urbanizatsiyalashgan hududlarda fitomonitoringni tashkil etish. O'zbekiston geografiya jamiyati axborotnomasi. Ilmiy jurnal. Toshkent, 2024. № 65. – 45-52 b.
6. Mamatov, M., & Usmonov, S. (2023). Raqamli iqtisodiyot sharoitida "Aqlii kampus" (Smart Campus) infratuzilmasini loyihalash: arxitektura va apparat ta'minoti. Axborot texnologiyalari va modellashtirish masalalari. – № 11(3). – 89-97 b.