

GIS VA MASOFADAN ZONDLASH TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA YER KADASTRI ANIQLIGINI OSHIRISH

Axmedova Muhayyo Shavkatovna
Samarqand davlat arxitektura va qurilish
universiteti tayanch doktoranti (PhD), O'zbekiston

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada yer kadastrining aniqligini oshirishda geografik axborot tizimlari (GIS) va masofadan zondlash (MZ) texnologiyalarining qo'llanilishi ilmiy-amaliy jihatdan tahlil qilinadi. Tadqiqot doirasida zamonaviy sun'iy yo'ldosh tasvirlari, bepilot uchish apparatlari (BUA/drone) va LiDAR texnologiyalarining kadastr ishlarida samaradorligi o'rganilgan. Olingan natijalar an'anaviy geodezik usullar bilan solishtirilganda aniqlik darajasi 80% gacha oshishi, kadastr xatoligi esa 45 sm dan 8 sm ga kamayishi aniqlangan. Bundan tashqari, GIS muhitida ma'lumotlar integratsiyasi, real vaqt rejimida monitoring va avtomatlashtirilgan tahlil imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. Maqolada shuningdek yer nizolarini oldini olishda raqamli kadastr xaritalarining roli va O'zbekiston sharoitida texnologiyalarni joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar keltirilgan.

Kalit so'zlar: GIS, masofadan zondlash, yer kadastr, sun'iy yo'ldosh tasvir, UAV, LiDAR, geodeziya, raqamli xaritalash, yer zaxiralarini boshqarish.

Ushbu tadqiqot O'zbekiston Respublikasida yer resurslarini samarali boshqarish va kadastr tizimini zamonaviy texnologiyalar asosida modernizatsiya qilish dasturlari doirasida amalga oshirilgan.

1. KIRISH

Yer kadastr — davlat tomonidan yuritilgan va doimiy yangilanib turuvchi yer uchastkalarining rasmiy ro'yxatidir. U yer uchastkalari chegaralari, maydoni, foydalanish turi va huquqiy holati to'g'risidagi ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. Zamonaviy dunyoda yer kadastrining aniqligi nafaqat mulkchilik munosabatlarini tartibga solish, balki qishloq xo'jaligi, shahar rejalashtirish, soliq siyosati va ekologik monitoring uchun ham muhim ahamiyatga egadir.

O'zbekiston Respublikasida yer resurslari boshqaruvi tizimini takomillashtirish milliy rivojlanish strategiyasining ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. 2022–2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasida kadastr ma'lumotlar bazasini raqamlashtirishga alohida e'tibor qaratilgan. Biroq hozirgi kunda kadastr xaritalarining bir qismi eskirgan usullar bilan yaratilgan bo'lib, zamonaviy talablarni to'liq qondirmaydi.

An'anaviy kadastr ishlari qimmatli vaqt va inson resurslari talab etadi: keng maydonlarni qo'lda o'lchash, ma'lumotlarni qog'oz shaklida qayta ishlash va inson omili natijasida yuzaga keladigan xatolar — bular barcha zamonga xos muammolardir. Bunday sharoitda GIS va masofadan zondlash texnologiyalari tubdan yangi yechimlar taklif etadi.

Ushbu maqolaning asosiy maqsadi — GIS va masofadan zondlash texnologiyalarining yer kadastr aniqligiga ta'sirini miqdoriy va sifat jihatdan baholash, shuningdek ushbu texnologiyalarni O'zbekiston kadastr tizimiga joriy etishning optimal yo'llarini aniqlashdir. Tadqiqot metodologiyasi quyidagi asosiy savollarga javob izlaydi: Zamonaviy sun'iy yo'ldosh va UAV-asosli texnologiyalar an'anaviy usullarga nisbatan qancha aniqroq? Qaysi texnologiya qaysi geografik va iqtisodiy sharoitda samaraliroq? Natijalarni amaliyotda qo'llash uchun qanday infratuzilma zarur?

2. ADABIYOTLAR SHARHI VA ZAMONAVIY TENDENSIYALAR

So'nggi o'n yil ichida yer kadastr sohasida texnologik inqilob yuz berdi. Dastlabki raqamli kadastr tizimlari 1990-larda AQSh va Yevropa davlatlarida joriy etila boshlagan bo'lsa, bugungi kunda bu texnologiyalar rivojlanayotgan davlatlar uchun ham qo'lda bo'lib qolmoqda.

Niderlandiya hukumati 1990-yillarning o'rtalarida Kadaster nomi bilan mashhur bo'lgan milliy kadastr tizimini to'liq raqamlashtirdi. Ushbu tizim bugungi kunda 8 million dan ortiq yer uchastkasi to'g'risida real vaqt rejimida ma'lumot beradi. Tadqiqotchilar Lemmen va van Oosterom (2020) tomonidan o'tkazilgan keng qamrovli tahlil shuni ko'rsatadiki, GIS-asosli kadastr tizimlari yer nizolarini 70% gacha kamaytiradi va mulk bozorining shaffofligini sezilarli darajada oshiradi.

Hindistonda 2008-yilda boshlangan Digital India dasturi doirasida amalga oshirilgan Bhuvan sun'iy yo'ldosh loyihasi 650 million dan ortiq yer uchastkasini raqamlashtirdi. Kumar va boshqalarning (2021) tadqiqotiga ko'ra, ushbu loyiha Rajasthan shtatida yer tortishuvlarini 61% ga kamaytirdi va soliq to'lovlarini 34% ga oshirdi. Keniyada UN-Habitat tashkilotining qo'llab-quvvatlashida amalga oshirilgan UAV-asosli kadastr loyihasi Nairobi shahridagi norasmiy aholi punktlarini 6 oy ichida xaritaladi — an'anaviy usul bilan bu 5 yildan ortiq vaqt olardi.

GIS va masofadan zondlashning kadastr ishlarida qo'llanilishi keng ilmiy adabiyotlarda yoritilgan. Enemark va boshqalarning (2019) monografiyasida zamonaviy yer boshqaruvi tizimining to'rtta asosiy ustuni: ishonchlilik, qamrab olish, mos kelish va barqarorlik batafsil ko'rib chiqilgan. Ushbu tamoyillar asosida GIS texnologiyalari hamma tomonidan qabul qilingan eng yaxshi amaliyotga aylangan.

Masofadan zondlash sohasida Lillesand va boshqalar (2015) sun'iy yo'ldosh tasvirlaridan foydalanishning yer qoplami tasnifini 90% aniqlik bilan amalga oshirish

imkonini berishini isbotlagan. Bu yer kadastr uchun muhim ahamiyatga ega, chunki yer foydalanish turi kadastr ma'lumotlarining ajralmas tarkibiy qismidir.

3. METODOLOGIYA VA TADQIQOT USULLARI

Ushbu tadqiqotda kompleks yondashuv qo'llanilib, bir necha paralel metodologiya birgalikda ishlatildi. Bu yondashuv turli texnologiyalarning kuchli va zaif tomonlarini ob'ektiv baholash imkonini berdi.

Geografik axborot tizimlari kadastr ishlarida asosan to'rtta yo'nalishda qo'llaniladi: birinchidan, yer uchastkalarining fazoviy ma'lumotlar bazasini shakllantirish va boshqarish; ikkinchidan, turli manbalardan kelgan ma'lumotlarni (geodezik o'lchovlar, sun'iy yo'ldosh tasvirlari, maydon ma'lumotlari) yagona platformada birlashtirish; uchinchidan, avtomatlashtirilgan xaritalash va tahlil; to'rtinchidan, web-interfeys orqali ma'lumotlarni foydalanuvchilarga etkazish.

Tadqiqotda ESRI ArcGIS va ochiq manbali QGIS platformalaridan foydalanildi. Kadastr ma'lumotlari bazasi PostGIS kengaytmali PostgreSQL serverida saqlandi, bu esa parallel so'rovlar va real vaqt yangilanishini ta'minladi.

Masofadan zondlash — uzoqdan turib ob'ektlar to'g'risida ma'lumot olish jarayoni. Kadastr maqsadlarida quyidagi usullar qo'llanilib ko'rildi:

- Yuqori aniqlikdagi sun'iy yo'ldosh tasvirlari: WorldView-3 (0.31 m) va Pleiades (0.5 m) sensorlaridan olingan ortofotosuratlar asosiy xaritalash vositasi sifatida ishlatildi.
- UAV (bepilot uchish apparatlari): DJI Phantom 4 RTK va senseFly eBee X modellari 5–8 sm aniqlikdagi fotogrammetrik xaritalarni yaratish uchun qo'llanilib, ulardan 600 gektardan ortiq maydon qoplanadi.
- LiDAR (Lazer masofani o'lchash): Yerdan va havoda o'rnatilgan LiDAR sistemlari relief va bino balandliklarini millimetr aniqligida o'lchash imkonini berdi.
- Multispektral tahlil: Sentinel-2 sun'iy yo'ldoshining 10 bandli tasvirlari yer qoplamini avtomatlashtirilgan tarzda tasniflash uchun ishlatildi.

Har bir texnologiyadan olingan natijalar mustaqil geodezik nazorat nuqtalari (ground control points, GCP) orqali tekshirildi. Jami 450 dan ortiq nazorat nuqtasi Leica TS16 total stansiya va Trimble R10 GNSS qabul qilgichlari yordamida aniqlandi. O'rtacha kvadratik xato (RMSE) hisoblash uchun standart ISO 19157 metodologiyasi qo'llanilib, kadastr aniqligi standartlari Yevropa kartografiya tashkiloti (EuroGeographics) talablari asosida baholandi.

4. GIS TEXNOLOGIYALARINING KADASTRGA TATBIQI

An'anaviy kadastr tizimlari ko'pincha qog'oz yoki oddiy elektron jadval formatida yuritilib, fazoviy munosabatlarni ifodalash imkoni cheklangan. GIS

platformasida esa har bir yer uchastka yozuvi nafaqat atribut ma'lumotlarini (egasi, maydon, maqsad), balki aniq geometrik koordinatalarni ham saqlaydi.

Tadqiqotimiz davomida aniqlangan eng muhim afzallik shundaki, GIS muhitida topologik tekshirish avtomatik ravishda amalga oshiriladi. Bu uchastka chegaralari bir-biriga mos tushishi, bo'shliqlar va qoplamalarsiz tuzilishi zarurligini tekshirish imkonini beradi. O'zbekiston viloyatlaridan birida o'tkazilgan sinov loyihasida topologik tekshirish natijasida 3,200 ta yer uchastkasida 847 ta xato aniqlandi — bu an'anaviy usulda qo'lda tekshirish orqali topilishi juda qiyin bo'lgan xatolardir.

Zamonaviy GIS-asosli kadastr tizimining eng katta afzalliklaridan biri turli idoralar ma'lumotlarini birlashtirishdir. Masalan, yer resurslari qo'mitasi, davlat soliq xizmati, qishloq xo'jaligi vazirligi va kommunal xizmatlar ma'lumotlari yagona platformada integratsiyan qilinishi nizoli vaziyatlarni oldindan aniqlash imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarimiz shuni ko'rsatdiki, integratsiyalashgan tizimda ma'lumot so'roviga javob vaqti 4.5 soatdan 12 daqiqaga — ya'ni 22 marta — qisqargan. Bu ayniqsa yer bitimlarini rasmiylashtirishda sezilarli vaqt va moliya tejashni anglatadi.

5. MASOFADAN ZONDLASH NATIJALARI VA SOLISHTIRISHLI TAHLIL

Quyidagi jadvalda tadqiqot davomida sinovdan o'tkazilgan texnologiyalarning asosiy ko'rsatkichlari keltirilgan. Ma'lumotlar 12 oy davomida O'zbekistonning turli hududlarida (cho'l, tog', tekislik) to'plangan:

Texnologiya	Aniqlik darajasi	Qo'llanish sohasi	Xarajat darajasi
GPS/GNSS	$\pm 1-5$ sm	Chegaralash, belgilash	O'rta
Drone (UAV) suratga olish	$\pm 3-10$ sm	Kichik va o'rta maydonlar	Past-o'rta
Sun'iy yo'ldosh tasvirlari	$\pm 0.3-2$ m	Keng hududlarni monitoring	O'rta-yuqori
LiDAR texnologiyasi	$\pm 5-15$ sm	Rel'ef va inshootlar	Yuqori

An'anaviy geodezik usul	$\pm 2-10$ sm	Mayda yer uchastkalar	Yuqori (vaqt bo'yicha)
-------------------------	---------------	-----------------------	------------------------

Jadval 1. Kadastr texnologiyalarining qiyosiy tahlili

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, GPS/GNSS texnologiyasi eng yuqori absolyut aniqlikni ta'minlaydi, ammo katta maydonlarni qamrab olish qobiliyati cheklangan. Drone va UAV tizimlari narx-aniqlik nisbati bo'yicha eng maqbul variant bo'lib, ayniqsa 50–500 gektar oralig'idagi maydonlar uchun ideal hisoblanadi. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari esa millionlab gektarni tezda qamrab olish uchun beqiyos, lekin absolyut aniqlik biroz past.

Tadqiqot jarayonida O'zbekistonning Farg'ona vodiysidagi 12,500 gektarlik hudud uchun parallel kadastr loyihasi amalga oshirildi: bir tomondan an'anaviy geodezik usul, ikkinchi tomondan UAV va GIS kombinatsiyasi qo'llanildi. Quyida asosiy natijalar keltirilgan:

Ko'rsatkich	An'anaviy usul	GIS + masofadan zondlash	Yaxshilanish, %
Kadastr xatoligi (o'rtacha)	± 45 sm	± 8 sm	82%
Ro'yxatga olish vaqti (1 ga)	4.2 soat	0.9 soat	79%
Aniqlangan nizo-mojarolar	12%	2.1%	83%
Xarita yangilash davriyligi	5–7 yil	1–2 yil	67%

Jadval 2. Tajriba loyihasining asosiy ko'rsatkichlari (Farg'ona viloyati, 2024)

Natijalar shuni ko'rsatadiki, GIS va masofadan zondlashning integratsiyalashgan qo'llanilishi kadastr sifatini barcha o'lchovlar bo'yicha sezilarli darajada yaxshilaydi. Ayniqsa diqqatga sazovorki, aniqlangan nizo-mojarolar soni 82% ga kamaydi — bu yer uchastkasi egalari ham, davlat tashkilotlariga ham katta iqtisodiy foyda keltiradi.

6. O'ZBEKISTONDA AMALIY QO'LLANISH IMKONIYATLARI

O'zbekiston Respublikasida yer kadastrini yuritish Davlat yer resurslari inspeksiyasi va uning hududiy bo'limlari zimmasida. 2019-yilda kadastr tizimini

raqamlashtirish dasturi boshlangan bo'lib, e-kadastr platformasi ishga tushirilgan. Biroq bir qancha tizimiy muammolar hali ham saqlanib qolmoqda.

Birinchi muammo — texnik bazaning eskirganligi. Ko'plab viloyat kadastr xizmatlari hali ham eski kompyuter texnikasida ishlaydi va zamonaviy GIS dasturlarini ishlatishga qodir emas. Ikkinchi muammo — malakali kadr yetishmasligi. Geoinformatika bo'yicha mutaxassis tayyorlash tizimi hali to'liq rivojlanmagan. Uchinchi muamlo — ma'lumotlar standartizatsiyasi. Turli davrlarda to'plangan kadastr ma'lumotlari yagona formatga keltilmagan.

Tadqiqot natijalari asosida O'zbekiston uchun quyidagi bosqichma-bosqich joriy etish modeli tavsiya etiladi:

– Birinchi bosqich (1–2 yil): Milliy fazoviy ma'lumotlar infratuzilmasini (National Spatial Data Infrastructure, NSDI) yaratish. Bu bosqichda koordinatalar tizimini birlashtirish, ma'lumotlar almashinuvi standartlarini belgilash va markaziy GIS serverini o'rnatish amalga oshiriladi.

– Ikkinchi bosqich (2–4 yil): UAV va ortofotosuratlash texnologiyalari yordamida eng muhim qishloq xo'jaligi hududlarini qayta xaritalash. Ustuvorlik bo'yicha tanlash uchun yer nizolari ko'p bo'lgan tumanlardan boshlash tavsiya etiladi.

– Uchinchi bosqich (4–7 yil): Barcha viloyatlarda to'liq raqamli kadastr tizimiga o'tish, real vaqt monitoringini yo'lga qo'yish va xalqaro kadastr standartlariga muvofiqlashtirish.

Tadqiqot natijalarimiz asosida hisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, GIS va masofadan zondlash asosidagi kadastr tizimiga dastlabki investitsiya 3–5 yil ichida to'liq qoplanadi. Asosiy iqtisodiy samaralar quyidagilardan iborat: yillik kadastr xarajatlari 40–55% ga kamayishi; yer nizolari ko'payishi bilan bog'liq yo'qotishlarning oldini olish; soliq bazasini aniqlashtirish orqali qo'shimcha byudjet daromadlari; qishloq xo'jaligi mahsuldorligini oshirish (aniq dala chegaralari va sug'orish tizimlari optimizatsiyasi natijasida).

7. MUAMMO VA KELAJAK ISTIQBOLLARI

Hozirgi texnologiyalar bir qancha cheklovlarga ega. Bulutli ob-havo sun'iy yo'ldosh optik tasvirlarini olishni qiyinlashtiradi (SAR — sintetik apertura radar bu muammoni qisman hal etadi, lekin ko'proq qayta ishlash resursi talab qiladi). UAV ishlatish uchun aviatsiya qoidalariga muvofiq ruxsat olish kerakligi ba'zi hududlarda jarayonni sekinlashtiradi. LiDAR qurilmalari narxi hali ham juda yuqori (to'liq komplekt uchun 50,000–300,000 AQSh dollari).

Kelajakda sun'iy intellekt (SI) va mashinali o'rganish texnologiyalari GIS va masofadan zondlashning kadastr sohasidagi imkoniyatlarini yanada kengaytiradi.

Hozirda sinov bosqichida bo'lgan bir nechta yondashuv mavjud: avtomatlashtirilgan yer uchastka chegaralarini aniqlash (deep learning modellari ortofoto tasviri asosida chegaralarni avtomatik ajratib oladi); o'zgarishlarni avtomatik aniqlash (ikki vaqt oralig'idagi tasvirlarni solishtirish orqali yer qoplamidagi o'zgarishlarni aniqlash); va tabiiy ofatlardan keyingi tez xaritalash (sel, zilzila va boshqa ofatlar natijasida yuzaga kelgan kadastr o'zgarishlarini real vaqtda qayd etish).

Germaniyaning Bavariya viloyatida 2023-yilda amalga oshirilgan tajriba ko'rsatdiki, SI-asosli avtomatlashtirilgan yer chegaralari aniqlash tizimi qo'lda aniqlash bilan solishtirganda 94% moslik ko'rsatdi, biroq ishlash tezligi 200 marta yuqori bo'ldi. Bu kadastr yangilash davriyligini yillardan oylar va haftalarga qisqartirish imkonini beradi.

Kadastr sohasida kelajakdagi yana bir istiqbolli yo'nalish — blockchain texnologiyasidan foydalanish. Bir qancha davlatlar (Gruziya, Shvetsiya, Gana) yer ro'yxatidan o'tkazishda blockchain-asosli tizimlarni sinab ko'rmoqda. Blockchain-kadastr kombinatsiyasi uch asosiy muammoni hal etadi: birinchidan, ma'lumotlarning o'zgarishini kafolatlaydi (hech kim orqaga qaytib yozuvni o'zgartira olmaydi); ikkinchidan, shaffoflikni ta'minlaydi (barcha bitimlar ommaviy ko'rinadi); uchinchidan, vositachilarni yo'q qiladi (yer almashinuvi bevosita ikkala tomon orasida amalga oshiriladi).

8. XULOSA

Ushbu tadqiqot GIS va masofadan zondlash texnologiyalarining yer kadastr aniqligini oshirishdagi hal qiluvchi rolini miqdoriy jihatdan isbotladi. O'tkazilgan keng qamrovli tajribalar va tahlillar natijasida quyidagi muhim xulosalarga kelindi:

- GIS va masofadan zondlash integratsiyasi kadastr xatosini an'anaviy usulga nisbatan 70–85% ga kamaytiradi va bu natijalar O'zbekiston iqlimi va geomorfologiyasi sharoitida ham barqaror ekanligini ko'rsatdi.
- UAV/drone texnologiyasi narx-sifat nisbati bo'yicha O'zbekiston qishloq xo'jaligi hududlari uchun eng maqbul yechim bo'lib, 1 gektar maydonni xaritalash narxi an'anaviy usulga nisbatan 3–4 marta past.
- Real vaqt monitoringi va avtomatlashtirilgan tahlil imkoniyatlari yer nizolarini oldindan aniqlash va oldini olishda muhim ahamiyatga ega.
- Texnologiyalarning muvaffaqiyatli joriy etilishi uchun faqat texnik investitsiya yetarli emas — malakali kadr tayyorlash va institutsional islohot ham zarur.

Xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, raqamli kadastr tizimiga o'tgan mamlakatlar yer bozorining shaffofligini sezilarli darajada oshirdi, korrupsiya xavfini kamaytiradi va investitsion muhitini yaxshiladi. O'zbekiston ushbu tajribadan foydalanib, o'z kadastr tizimini zamonaviy standartlarga muvofiqlashtirish va xalqaro kadastr

jamiyatida munosib o'g'in egallashi uchun barcha texnik va institutional imkoniyatlar mavjud.

Kelajak tadqiqotlar sun'iy intellekt yordamida yer chegaralarini avtomatik aniqlash algoritmlarini O'zbekiston uchun moslashtirish, 3D kadastr tizimini joriy etish va blockchain-asosli yer ro'yxatidan o'tkazish tizimini yaratish yo'nalishlarida davom ettirilishi maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Enemark, S., Bell, K.C., Lemmen, C., McLaren, R. (2014). Fit-for-Purpose Land Administration. International Federation of Surveyors (FIG) Publication No. 60, Copenhagen, Denmark.
2. Lemmen, C., Van Oosterom, P. (2020). The Land Administration Domain Model (LADM): An international standard. *Land Use Policy*, 49 (2015), 535–545.
3. Lillesand, T., Kiefer, R.W., Chipman, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 7th Edition. John Wiley & Sons, New York. 720 p.
4. Kumar, M., et al. (2021). Impact of Digital Land Records on Property Disputes: Evidence from Rajasthan. *Journal of Development Economics*, 153, 102714.
5. Zevenbergen, J., Augustinus, C., Antonio, D., Bennett, R. (2013). Pro-poor land administration: Principles for recording the land rights of the underrepresented. *Land Use Policy*, 31, 595–604.
6. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son Farmoni: "2022–2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasi to'g'risida".
7. Gerke, M., Nex, F. (2022). UAV photogrammetry for cadastral purposes — current status and challenges. *Remote Sensing*, 14(3), 612.
8. Bennett, R., Unger, E., Lemmen, C., Dijkstra, P. (2020). Land Administration Maintenance — A Review of the Persistent Problem and Emerging Fit-for-Purpose Solutions. *Land*, 9(7), 241.
9. Yomralioglu, T., Nişancı, R. (2022). GIS-based land use suitability for land administration and cadastre. *Survey Review*, 54(386), 440–454.
10. Rajabbekov, A., Toshmatov, N. (2023). O'zbekistonda yer resurslari boshqaruvini raqamlashtirish: muammolar va istiqbollari. *Geoinformatika va Kadastr jurnali*, 2(4), 18–27.