



ANALYSIS OF CHANGES IN URBAN AND SETTLEMENT BOUNDARIES BASED ON REMOTE SENSING DATA

Allamberganova V.A.

Assistant Lecturer, Department of Geomatics Engineering, Tashkent University
of Architecture and Civil Engineering, Tashkent, Uzbekistan

allamberganova.vener@gmail.com

Abstract

This thesis examines the identification of temporal changes in urban and settlement boundaries using multi-temporal satellite imagery. The findings of remote sensing studies conducted in Uzbekistan are summarized, highlighting the accelerating expansion of settlements. A four-stage methodology is proposed based on Landsat and Sentinel-2 imagery, the NDVI, NDBI, and MNDWI spectral indices, the Random Forest classifier, and post-classification comparison. The methodology enables the comparison of existing built-up boundaries with master plans and the forecasting of future expansion. The results can be used by urban planning and land cadastre authorities for monitoring purposes.

Keywords

remote sensing; geographic information systems; settlement boundaries; urbanization; Landsat; Sentinel-2; NDBI; change detection.

SHAHAR VA AHOLI PUNKTLARI CHEGARALARINING O'ZGARISHINI MASOFADAN ZONDLASH MA'LUMOTLARI ASOSIDA TAHLIL QILISH

Allamberganova V.A.

*(«Geomatika muhandisligi» kafedrası assistenti, Toshkent arxitektura-qurilish
universiteti, Toshkent, O'zbekiston; allamberganova.vener@gmail.com)*

Annotatsiya. Tezisda shahar va aholi punktlari chegaralarining vaqt bo'yicha o'zgarishini ko'p vaqtli sun'iy yo'ldosh tasvirlari asosida aniqlash masalasi ko'rib





“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”
nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

chiqilgan. O‘zbekistonda masofadan zondlash yordamida olib borilgan tadqiqotlar natijalari umumlashtirilgan va aholi punktlarining kengayishi tezlashib borayotgani ko‘rsatilgan. Landsat va Sentinel-2 tasvirlari, NDVI, NDBI, MNDWI spektral indeksleri, Random Forest tasniflagichi hamda tasniflashdan keyingi taqqoslash usuliga asoslangan to‘rt bosqichli metodika taklif etilgan. Metodika amaldagi qurilish chegarasini bosh reja bilan solishtirish va kelgusi kengayishni prognozlash imkonini beradi. Natijalardan shaharsozlik va yer kadastri organlari monitoring ishlarida foydalanishi mumkin.

Kalit so‘zlar: masofadan zondlash; geoaxborot tizimlari; aholi punkti chegarasi; urbanizatsiya; Landsat; Sentinel-2; NDBI; o‘zgarishlarni aniqlash.

Kirish

2022–2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida hududlarni kompleks rivojlantirish va yer resurslaridan oqilona foydalanish ustuvor vazifa sifatida belgilangan [1]. Urbanizatsiya jadallashgani sari shahar va aholi punktlarining amaldagi chegaralari bosh rejada belgilangan chegaralardan tez-tez chiqib ketmoqda, sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari esa qurilish ostiga o‘tmoqda. Global meta-tahlil natijalariga ko‘ra, ko‘pchilik mintaqalarda shahar yerlari shahar aholisiga qaraganda tezroq yoki unga teng sur‘atda kengaymoqda [2].

O‘zbekistonda bu jarayon masofadan zondlash ma’lumotlari asosida bir qator tadqiqotlarda qayd etilgan. Toshkent shahrida 1989–2000-yillarda qurilgan hudud har yili o‘rtacha 4,55 km² ga kengaygan, 2000–2010-yillarda esa urbanizatsiya intensivligi yanada oshgan; yangi qurilish asosan atrofdagi o‘tloq va bo‘sh yerlar hisobiga bo‘lgan [3]. Sirdaryo viloyatida 1972–2019-yillarda sun’iy qoplamali hududlar 13,44 % ga ko‘paygan [4], Qamashi tumanida qurilgan hudud ulushi 2000–2022-yillarda 12,1 %



“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”
nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

dan 46,3 % gacha oshgan [5]. Bo‘stonliq tumanida ham 1989–2017-yillarda qurilgan hududlar sinfida sezilarli o‘zgarishlar aniqlangan [6].

Biroq mavjud ishlarning aksariyati yer qoplamining umumiy o‘zgarishini baholash bilan cheklangan. Aniqlangan amaldagi qurilish chegarasini bosh reja va ma’muriy chegaralar bilan muntazam solishtirish hamda kelgusi kengayishni prognozlash masalasi yetarlicha o‘rganilmagan. **Tadqiqot maqsadi** — ko‘p vaqtli sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida aholi punktlari chegaralarining o‘zgarishini aniqlash, uni shaharsozlik hujjatlari bilan solishtirish va prognozlash metodikasini ishlab chiqish.

Materiallar va usullar

Tadqiqot hududi sifatida Toshkent shahri va unga tutash Toshkent viloyati tumanlari tanlangan. Asosiy ma’lumot manbai — 1990–2025-yillarga oid Landsat va 2016–2025-yillarga oid Sentinel-2 tasvirlari (1-jadval). Ular erkin foydalanishda bo‘lib, bir hududni muntazam qamrab olgani uchun ko‘p vaqtli tahlilga qulay [7]. Tasvirlarga ishlov berish Google Earth Engine bulutli platformasida [8], fazoviy tahlil esa ArcGIS Pro va QGIS dasturlarida bajariladi.

1-jadval

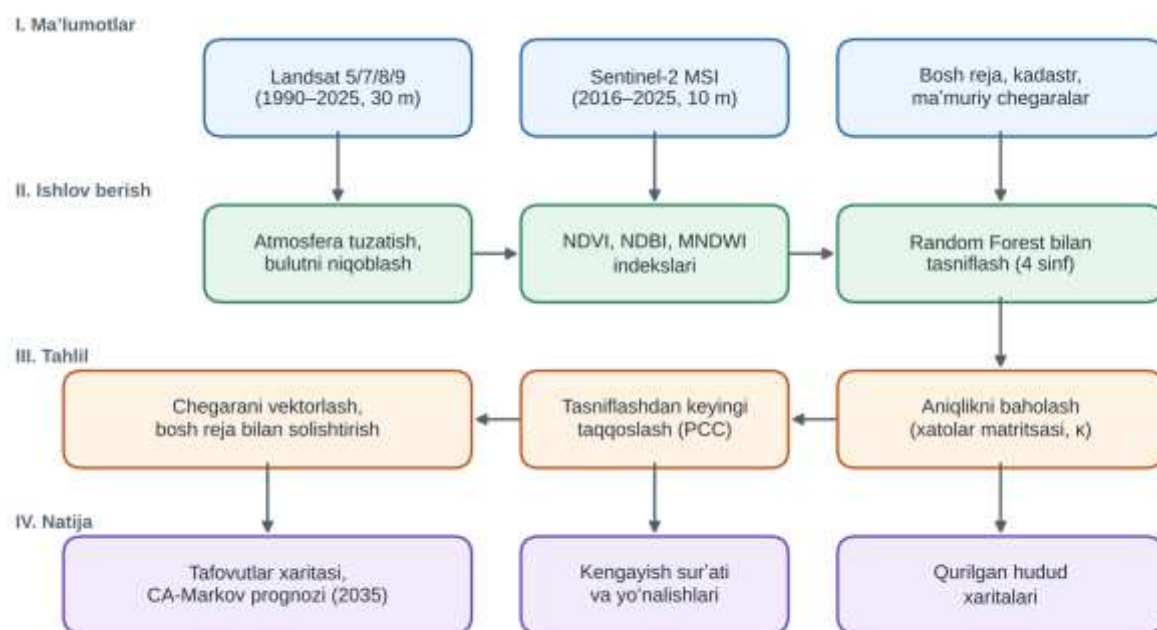
Tadqiqotda foydalaniladigan sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari tavsifi

Sensor	Ishga tushirilgan yili	Fazoviy aniqlik, m	Qayta qamrash davri, kun	Spektral kanallar soni
Landsat 5 TM	1984	30 (termal 120)	16	7
Landsat 7 ETM+	1999	30 (pankromatik 15)	16	8
Landsat 8 OLI/TIRS	2013	30 (pankromatik 15)	16	11
Landsat 9 OLI-2/TIRS-2	2021	30 (pankromatik 15)	16 (L8 bilan 8)	11

“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”
nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Sensor	Ishga tushirilgan yili	Fazoviy aniqlik, m	Qayta qamrash davri, kun	Spektral kanallar soni
Sentinel-2 MSI	2015 (2A), 2017 (2B)	10 / 20 / 60	5 (ikki yo‘ldosh)	13

Tadqiqot to‘rt bosqichdan iborat (1-rasm). Dastlab tasvirlar atmosfera tuzatishidan o‘tkaziladi va bulutli piksellar niqoblanadi. Mavsumiy farqlar ta’sirini kamaytirish uchun har bir yil bo‘yicha vegetatsiya davri (iyun–sentyabr) tasvirlaridan median kompozit tuziladi.



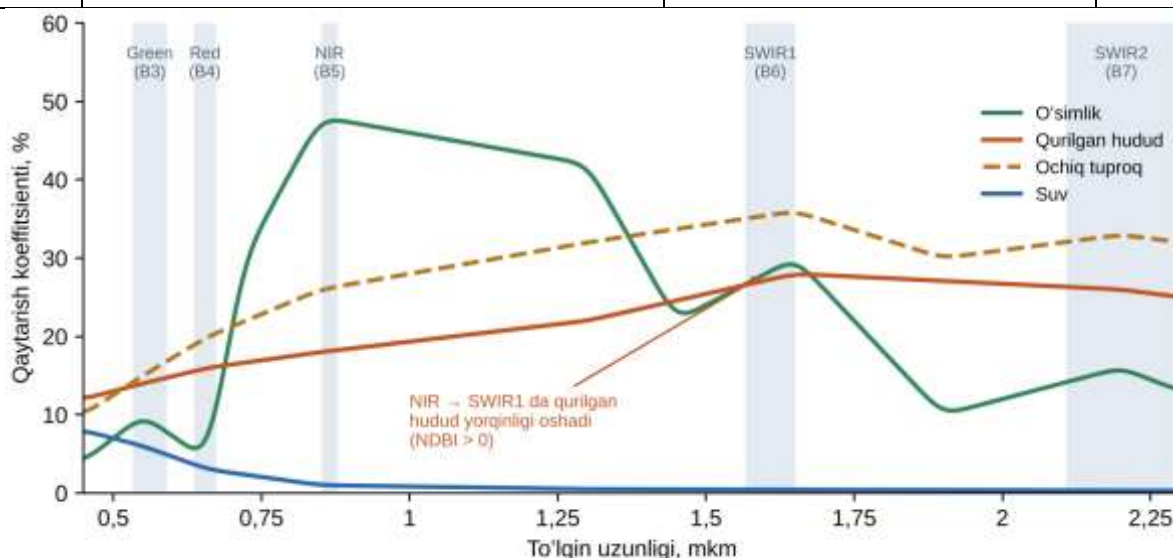
1-rasm. Aholi punktlari chegaralari o‘zgarishini tahlil qilish metodikasi sxemasi

Qurilgan hududlarni boshqa sinflardan ajratishda spektral indekslardan foydalaniladi (2-jadval). Qurilgan sirtlar yaqin infraqizil (NIR) diapazonga nisbatan qisqa to‘lqinli infraqizil (SWIR1) diapazonda yorqinroq bo‘lgani uchun NDBI ularda musbat, o‘simlik va suvda esa manfiy qiymat oladi (2-rasm).

2-jadval. Qurilgan hududlarni ajratishda qo‘llaniladigan spektral indekslar

“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”
nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Indeks	Formula (Landsat 8/9 kanallari)	Vazifasi	Manba
NDVI	$(\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$	o‘simlik qoplamini ajratish	[9]
NDBI	$(\text{SWIR1} - \text{NIR}) / (\text{SWIR1} + \text{NIR})$	qurilgan hududni ajratish	[10]
MNDWI	$(\text{Green} - \text{SWIR1}) / (\text{Green} + \text{SWIR1})$	suv obyektlarini ajratish	[11]
BU	$\text{NDBI} - \text{NDVI}$	qurilgan hudud chegarasini aniqlashtirish	[10]



2-rasm. Asosiy yer qoplami turlarining umumlashtirilgan spektral qaytarish egri chiziqlari va Landsat 8 OLI kanallari (sxema [7] asosida)

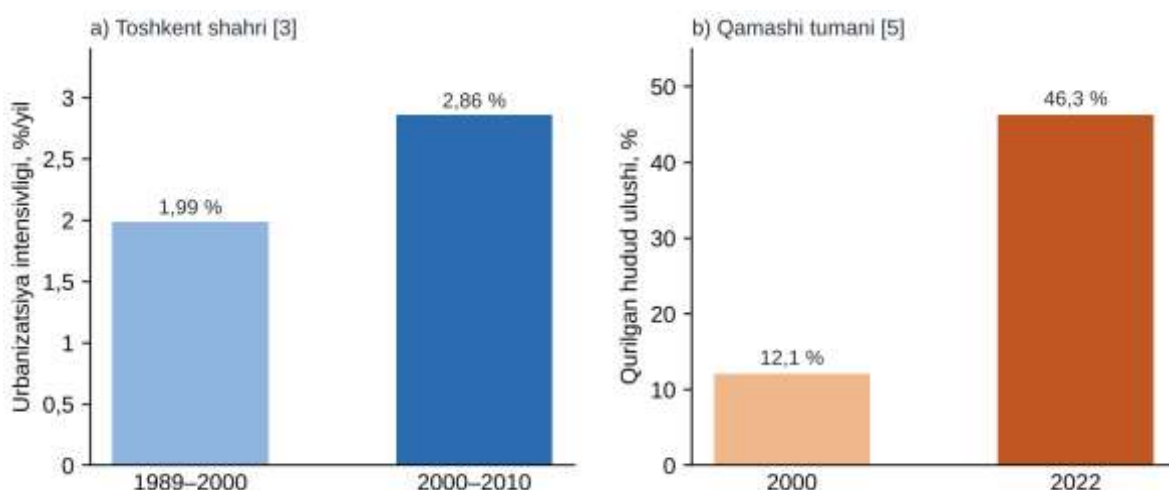
Indekslar va spektral kanallar Random Forest tasniflagichiga kiritilib, hudud to‘rt sinfga ajratiladi: qurilgan hudud, o‘simlik, suv va ochiq tuproq. Tasniflash aniqligi mustaqil nazorat nuqtalari bo‘yicha tuzilgan xatolar matritsasi, umumiy aniqlik va Kappa koeffitsienti orqali baholanadi [12]; umumiy aniqlik kamida 85 % bo‘lishi talab etiladi. O‘zgarishlar tasniflashdan keyingi taqqoslash (post-classification comparison) usuli bilan aniqlanadi. Qurilgan hudud chegarasi rastrdan vektorga o‘tkaziladi, uning maydoni, perimetri va kengayish yo‘nalishlari aniqlanadi. Kengayishning yillik sur‘ati quyidagicha baholanadi:

$$AGR = \frac{A_2 - A_1}{A_1 \cdot (t_2 - t_1)} \times 100 \% \quad (1)$$

bu yerda A_1 va A_2 — boshlang'ich (t_1) va oxirgi (t_2) yillardagi qurilgan hudud maydoni, km^2 ; $t_2 - t_1$ — davr uzunligi, yil.

Natijalar va muhokama

Mayjud tadqiqotlar natijalarini umumlashtirish O'zbekistonda aholi punktlarining kengayishi tezlashib borayotganini ko'rsatadi (3-rasm). Toshkent shahrida urbanizatsiya intensivligi 2000–2010-yillarda oldingi o'n yillikka nisbatan 1,4 baravar oshgan [3], Qamashi tumanida esa qurilgan hudud ulushi 22 yilda qariyb 3,8 baravar ortgan [5].



3-rasm. O'zbekistonda aholi punktlari kengayishining masofadan zondlash asosidagi ko'rsatkichlari: a) Toshkent shahrida urbanizatsiya intensivligi; b) Qamashi tumanida qurilgan hudud ulushi

Taklif etilgan metodika ushbu tadqiqotlardan farqli ravishda quyidagi natijalarni berishi kutiladi: 1990–2025-yillar uchun besh yillik qadam bilan tuzilgan qurilgan hudud xaritalari va chegaralarning vektor qatlamlari; amaldagi qurilish chegarasi bilan bosh reja chegarasi o'rtasidagi tafovut zonalari, ya'ni bosh rejadan tashqaridagi qurilish va o'zlashtirilmagan rejali hududlar; CA-Markov modeli asosida 2035-yilgacha hududiy kengayish prognozi. Landsat tasvirlarining 30 m fazoviy aniqligi kichik aholi punktlarida chegarani aniqlash xatoligini oshiradi. Bundan tashqari, ochiq tuproq va



"KELAJAK TEXNOLOGIYALARI VA SUN'IY INTELLEKT"
nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

qurilgan hudud spektral jihatdan o'xshash bo'lgani uchun ular aralashib ketishi mumkin [4, 10]. Bu xatoliklar 10 m aniqlikdagi Sentinel-2 tasvirlari va kadastr ma'lumotlarini birgalikda tahlil qilish orqali kamaytiriladi.

Xulosa. Masofadan zondlash va GAT texnologiyalarini birgalikda qo'llash aholi punktlari chegaralarining o'zgarishini katta hududlarda, kam xarajat bilan va muntazam kuzatish imkonini beradi. Taklif etilayotgan metodika shaharsozlik, yer kadastri va hududiy rejalashtirish organlari uchun bosh rejalarni yangilash, o'zboshimchalik bilan qurilishni erta aniqlash va qishloq xo'jaligi yerlarining qisqarishini nazorat qilishda amaliy vosita bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. 2022–2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida : O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son Farmoni. – URL: <https://lex.uz/docs/-5841063> (murojaat sanasi: 12.10.2026).
2. Seto K. C., Fragkias M., Güneralp B., Reilly M. K. A meta-analysis of global urban land expansion // PLoS ONE. – 2011. – Vol. 6, № 8. – Art. e23777. – DOI: 10.1371/journal.pone.0023777.
3. Kasimu A., Tuerdi A. Spatio-temporal characteristics of urban expansion in Tashkent City, Uzbekistan based on remote sensing data // Journal of Xinjiang Normal University (Natural Sciences Edition). – 2012. – Vol. 31, № 2. – P. 1–6.
4. Arifjanov A. M., Akmalov S. B., Samiev L. N. Extraction of urban construction development with using Landsat satellite images and geoinformation systems // Journal of Water and Land Development. – 2021. – № 48 (I–III). – P. 65–69. – DOI: 10.24425/jwld.2021.136147.
5. Study of the dynamics of LULC change using remote sensing data and GIS technologies (case study of the Kashkadarya region) / A. Jumanov, Z. Khafizova, A.



“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”
nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-7, 2026

Ibraimova [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 590. – Art. 04002. – DOI: 10.1051/e3sconf/202459004002.

6. Analysis of land use land cover change detection of Bostanlik district, Uzbekistan / M. Juliev [et al.] // Polish Journal of Environmental Studies. – 2019. – Vol. 28, № 5. – P. 3235–3242. – DOI: 10.15244/pjoes/94216.

7. Lillesand T. M., Kiefer R. W., Chipman J. W. Remote sensing and image interpretation. – 7th ed. – Hoboken : Wiley, 2015.

8. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone / N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon [et al.] // Remote Sensing of Environment. – 2017. – Vol. 202. – P. 18–27. – DOI: 10.1016/j.rse.2017.06.031.

9. Rouse J. W., Haas R. H., Schell J. A., Deering D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS // Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. – Washington : NASA, 1974. – Vol. 1 (NASA SP-351). – P. 309–317.

10. Zha Y., Gao J., Ni S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery // International Journal of Remote Sensing. – 2003. – Vol. 24, № 3. – P. 583–594. – DOI: 10.1080/01431160304987.

11. Xu H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery // International Journal of Remote Sensing. – 2006. – Vol. 27, № 14. – P. 3025–3033. – DOI: 10.1080/01431160600589179.

12. Congalton R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data // Remote Sensing of Environment. – 1991. – Vol. 37, № 1. – P. 35–46. – DOI: 10.1016/0034-4257(91)90048-B.