

Gulimmatov Ikrom Baxtiyarovich

Geodeziya, kartografiya va kadastr kafedrası o'qituvchisi.

Normetov Suhrob Muxiddin o'g'li

Geodeziya, kartografiya va kadastr kafedrası staj. o'qituvchisi.

Abdusharipov Ihtiyor Baxtiyor o'g'li

Geodeziya va geoinformatika mutaxassisligi talabasi

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti

Urganch shaxri, O'zbekiston

GEOINFORMATSION TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA AHOLI MANZILGOHLARINI TADQIQ QILISH TAJRIBALARI

Annotatsiya. *Ushbu kichik ilmiy maqolada aholi manzilgohlarini tadqiq qilishda geoinformatsion texnologiyalar va metodlardan foydalanish tajribalari atroflicha tahlil qilingan.*

Kalit so'zlar. Aholi manzilgohlari, geoinformatsion texnologiyalari, sinflashtirish algoritmlari, indekslar

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Аннотация. *Данная небольшая научная статья представляет собой всесторонний анализ опыта использования геоинформационных технологий и методов в изучении населенных пунктов.*

Ключевые слова: *Населенные пункты, геоинформационные технологии, алгоритмы классификации, индексы*

EXPERIENCES IN RESEARCHING POPULATION SETTLEMENTS BASED ON GEOINFORMATION TECHNOLOGIES

Abstract. *This small scientific article provides a comprehensive analysis of the experiences of using geoinformation technologies and methods in the study of population settlements.*

Keywords: *Population settlements, geoinformation technologies, classification algorithms, indices*

Kirish. Aholi manzilgohlari jamiyatning hududiy tashkil topish shakllaridan biri hisoblanib, ularning shakllanishi, rivojlanishi va hududiy transformatsiyasi tabiiy-geografik, demografik hamda ijtimoiy-iqtisodiy omillarning murakkab o'zaro ta'siri natijasida yuzaga keladi. Zamonaviy ilmiy qarashlarda aholi manzilgohlari faqat demografik birlik sifatida emas, balki doimiy ravishda o'zgarib boruvchi murakkab fazoviy tizim sifatida talqin qilinmoqda. Shu sababli aholi manzilgohlarining hududiy rivojlanishini tadqiq etishda an'anaviy statistik yondashuvlar bilan bir qatorda geoinformatsion texnologiyalar, masofadan

zondlash ma'lumotlari va fazoviy modellashtirish usullaridan keng foydalanish zarurati ortib bormoqda.

Keyingi yillarda geofazoviy fanlar rivojlanishi natijasida aholi manzilgohlarini o'rganish metodologiyasida sezilarli o'zgarishlar kuzatilmoqda. Xususan, GIScience yo'nalishi shakllanishi bilan geografik hodisalarni nafaqat tavsiflash, balki ularning fazoviy qonuniyatlarini aniqlash va kelajakdagi rivojlanishini prognozlash imkoniyatlari kengaydi. Goodchild va Haining tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda geografik axborot tizimlari hamda fazoviy tahlil metodlarining integratsiyasi natijasida hududiy jarayonlarni chuqurroq anglash imkoniyati yuzaga kelishi ta'kidlangan. Mazkur yondashuvga ko'ra, hududiy obyektlar va hodisalar o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash geografik tadqiqotlarning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

Asosiy qism. Aholi manzilgohlari tizimini o'rganishda geoinformatsion texnologiyalarning afzalligi, avvalo, ularning fazoviy xususiyatlarini kompleks baholash imkoniyati bilan izohlanadi. An'anaviy statistik ma'lumotlar yordamida aholi soni, tabiiy o'sish yoki migratsiya ko'rsatkichlarini aniqlash mumkin bo'lsa-da, aholi punktlarining qaysi yo'nalishda kengayib borayotgani, qaysi hududlarda antropogen bosim kuchayayotgani yoki yer resurslaridan foydalanish tarkibida qanday o'zgarishlar yuz berayotganligini aniqlash imkoniyati cheklangan. Geografik axborot tizimlari esa turli manbalardan olingan ma'lumotlarni yagona fazoviy bazada birlashtirish orqali mazkur jarayonlarni hududiy nuqtai nazardan baholash imkonini beradi.

Ilmiy adabiyotlarda shahar va qishloq manzilgohlarini tadqiq qilishda fazoviy tahlilning ahamiyati alohida qayd etilgan. Batty tomonidan urban tizimlar murakkab adaptiv tizim sifatida talqin qilinib, shahar va qishloq hududlarining rivojlanishi ko'plab o'zaro bog'liq omillar ta'sirida shakllanishi asoslab berilgan. Mazkur yondashuvga ko'ra, aholi manzilgohlari rivojlanishini tushuntirishda faqat demografik ko'rsatkichlarga tayanish yetarli emas. Yer resurslari, transport infratuzilmasi, iqtisodiy faollik, xizmat ko'rsatish markazlari hamda tabiiy muhit

bilan bog‘liq omillar birgalikda tahlil qilinishi lozim. Shu nuqtai nazardan geoinformatsion texnologiyalar ko‘p omilli fazoviy tahlilni amalga oshirish imkonini beruvchi asosiy metodologik vosita sifatida qaralmoqda.

Masofadan zondlash ma‘lumotlari va GIS texnologiyalarining integratsiyasi aholi manzilgohlarini tadqiq etishning yangi bosqichini boshlab berdi. Sun‘iy yo‘ldosh tasvirlari asosida yer qoplaminig turli davrlardagi holatini aniqlash, qurilgan hududlarning kengayishini baholash hamda urbanizatsiya jarayonlarini monitoring qilish imkoniyatlari sezilarli darajada kengaydi. Ayniqsa Landsat va Sentinel dasturlari doirasida shakllangan uzoq muddatli kosmik ma‘lumotlar bazasi aholi manzilgohlari rivojlanishining ko‘p yillik dinamikasini o‘rganishda muhim manba sifatida e‘tirof etilmoqda.

Bugungi kunda dunyo miqyosida aholi manzilgohlarini xaritalash va monitoring qilish bo‘yicha yirik geofazoviy loyihalar amalga oshirilmoqda. Jumladan, Global Human Settlement Layer (GHSL), Global Urban Footprint (GUF) hamda World Settlement Footprint (WSF) loyihalari masofadan zondlash ma‘lumotlari asosida global miqyosda aholi yashash hududlarini aniqlash va ularning hududiy o‘zgarishlarini baholashga qaratilgan. Mazkur tadqiqotlar natijalari geoinformatsion texnologiyalar aholi manzilgohlarini aniqlash va monitoring qilishda yuqori aniqlik darajasiga ega ekanligini ko‘rsatmoqda.

Aholi manzilgohlarining hududiy rivojlanishini o‘rganishda geoinformatsion texnologiyalarning ilmiy ahamiyati faqat mavjud holatni xaritalash bilan cheklanmaydi. Zamonaviy GIS platformalari yordamida hududiy jarayonlarning ichki qonuniyatlarini aniqlash, ularning vaqt davomida o‘zgarishini kuzatish hamda istiqboldagi rivojlanish yo‘nalishlarini modellashtirish imkoniyati mavjud. Shu sababli geoinformatsion texnologiyalar bugungi kunda nafaqat ma‘lumotlarni saqlash va vizuallashtirish vositasi, balki hududiy tadqiqotlarning mustaqil metodologik bazasi sifatida qaralmoqda.

Fazoviy modellashtirish aholi manzilgohlarini o‘rganishning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu yondashuv asosida aholi punktlarining

joylashuvi, ularning o‘zaro aloqalari va hududiy rivojlanish tendensiyalari matematik hamda geofazoviy modellar yordamida baholanadi. Tadqiqotlarda ta’kidlanishicha, urban va qishloq manzilgohlari rivojlanishi ko‘pincha chiziqli xarakterga ega bo‘lmay, murakkab fazoviy tizim sifatida shakllanadi. Shu sababli aholi punktlarining kengayishi, zichlashuvi va transformatsiyasini tushuntirishda ko‘p omilli fazoviy modellar qo‘llanilishi zarur hisoblanadi.

Keyingi 20 yil davomida masofadan zondlash ma’lumotlari geoinformatsion tadqiqotlarning asosiy axborot manbalaridan biriga aylandi. Yuqori aniqlikdagi kosmik tasvirlarning paydo bo‘lishi aholi manzilgohlarini avtomatik aniqlash, qurilgan hududlarni xaritalash va urbanizatsiya jarayonlarini monitoring qilish imkoniyatlarini sezilarli kengaytirdi. Ayniqsa, Landsat dasturining ko‘p yillik arxivi va Sentinel sun’iy yo‘ldoshlari tomonidan taqdim etilayotgan ma’lumotlar aholi manzilgohlarining uzoq muddatli rivojlanish dinamikasini tadqiq etishda keng qo‘llanilmoqda.

Xalqaro tadqiqotlarda aholi manzilgohlarini aniqlash va xaritalash jarayoni “settlement mapping” yo‘nalishi sifatida shakllangan. Mazkur yo‘nalishda qurilgan hududlarni boshqa yer qoplami turlaridan ajratish, urban va qishloq manzilgohlari chegaralarini aniqlash hamda ularning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini baholash asosiy vazifa sifatida qaraladi. Settlement mapping bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida global miqyosdagi ma’lumotlar bazalari shakllantirilgan bo‘lib, ular aholi manzilgohlarining rivojlanish tendensiyalarini baholashda muhim ilmiy manba sifatida foydalanilmoqda.

Geoinformatsion texnologiyalarning aholi manzilgohlarini tadqiq etishdagi samaradorligi Markaziy Osiyo davlatlarida olib borilgan ilmiy izlanishlarda ham o‘z tasdig‘ini topgan. Xususan, O‘zbekistonning sug‘orma dehqonchilik hududlarida qishloq manzilgohlarining kengayishi va yer resurslari transformatsiyasini o‘rganishga bag‘ishlangan tadqiqotlarda kosmik tasvirlar va GIS texnologiyalaridan foydalanish orqali yuqori aniqlikdagi natijalarga erishilgan. Tadqiqot natijalari qishloq manzilgohlarining kengayishi ko‘pincha sug‘oriladigan

qishloq xo'jaligi yerlarining qisqarishi hisobiga sodir bo'layotganligini ko'rsatgan. Ushbu holat aholi sonining o'sishi va urbanizatsiya jarayonlari ta'sirida yer qoplaminig transformatsiyasi kuchayib borayotganligini tasdiqlaydi.

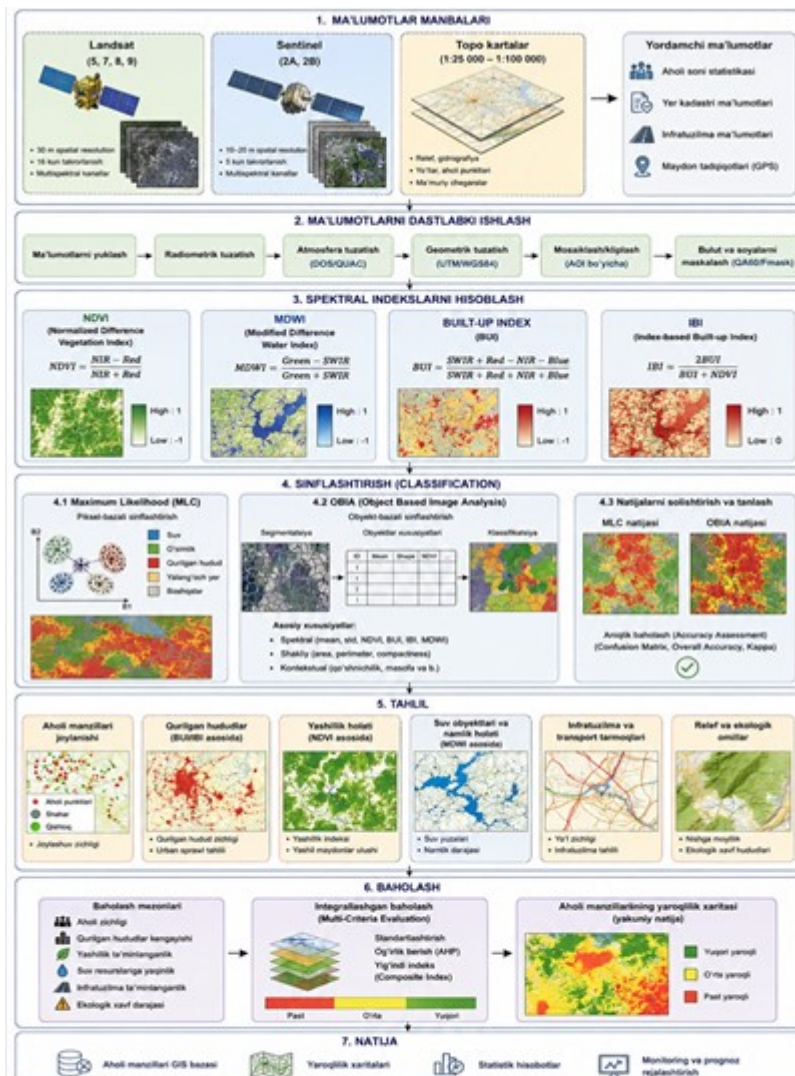
Xususan, Xorazm vohasida S.Avezov, M.Matchonov, M.Sultanov, O.Matchanov, U.Qalandarov, I.Gulimmatov, R.Boymuratovlarning tadqiqotlarida masofadan zondlash ma'lumotlari asosida yerdan foydalanish urlari, landshaftlar transformatsiyasi, aholi manzilgohlari hududining o'zgarishi tahlil qilingan. Olingan natijalarga ko'ra, voha hududida aholi punktlarining kengayishi asosan transport kommunikatsiyalari va irrigatsiya tarmoqlari bo'ylab sodir bo'layotgani aniqlangan. Shu bilan birga, yangi turar-joy massivlarining shakllanishi natijasida ayrim qishloq xo'jaligi yerlarining qurilish maydonlariga aylanish jarayoni kuzatilgan. Mazkur tendensiyalar aholi manzilgohlari rivojlanishini muntazam geoinformatsion monitoring qilish zarurligini ko'rsatadi.

Shunday qilib, geoinformatsion texnologiyalar aholi manzilgohlarini tadqiq etishning zamonaviy ilmiy asosini tashkil etib, ularning hududiy rivojlanishini baholash, urbanizatsiya jarayonlarini monitoring qilish hamda istiqboldagi o'zgarishlarni modellashtirish imkonini beradi. Mazkur yondashuvlar tadqiqot hududi aholi manzilgohlari tizimini o'rganishda ham muhim metodologik ahamiyatga ega bo'lib, keyingi bosqichlarda kosmik tasvirlar, spektral indekslar va geofazoviy algoritmlar yordamida amalga oshiriladigan tahlillarning nazariy poydevorini yaratadi.

Hozirgi kunda aholi manzilgohlarini tadqiq qilishda bir qancha sinflashtirish algoritmlari va indexlardan foydalanilmoqda (1-rasm).

Tadqiqotchilar Wahid, T. B., & Mushref, Z. J. (2026). aholi manzilgohlarini geoinformatsion texnologiyalar asosida tahlil qilishda NDBI (Normalized Difference Built-up Index) indeksining imkoniyatlari Landsat-8 ma'lumotlari bilan integratsiyalashgan holda baholangan. Mualliflar urbanizatsiya jarayonlarini aniqlash uchun masofadan zondlash va GAT texnologiyalariga asoslangan kompleks metodologiyani qo'llaganlar. Tadqiqot jarayoni Landsat-8 tasvirlarini

yig'ish, tasvirlarni kesish (clip), geometrik korreksiyalash, koordinatalarni moslashtirish, nazoratsiz sinflashtirish (Unsupervised Classification), NDBI indeksini hisoblash hamda raster ma'lumotlarni vektor formatiga o'tkazish bosqichlarini o'z ichiga olgan.



1-rasm. Aholi manzilgohlarini geoinformatsion texnologiyalarda tahlil qilishning asosiy usullari

Tadqiqot natijalari NDBI indeksining qurilgan hududlarni aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatdi. Tadqiqot hududining umumiy maydoni 3747,5 gektar bo'lib, shundan 2716 gektari (72,5 %) urbanizatsiyalashgan hududlar, 1031,3 gektari (27,5 %) esa qurilmagan yerlar sifatida aniqlangan. Ayrim mahallalarda urbanizatsiya darajasi 90 % dan yuqori bo'lib, masalan, Al-

Hussein (96,3 %), Al-Tahrir (95,6 %) va Al-Noor (95,5 %) mahallalarida yuqori zichlikdagi qurilishlar kuzatilgan. Boshqa hududlarda esa qurilmagan yerlarning ulushi katta bo'lib, kelajakdagi rivojlanish uchun hududiy zaxira sifatida baholangan. Bu natijalar NDBI indeksining urban hududlarni ajratish va shaharlarning ichki fazoviy tafovutlarini aniqlashdagi amaliy qiymatini tasdiqlaydi.

Metodologik jihatdan tadqiqotning e'tiborli tomoni shundaki, mualliflar NDBI indeksini boshqa spektral indekslar bilan bog'liq holda izohlaydilar. Jumladan, vegetatsiya qoplami ajratishda NDVI, suv obyektlarini aniqlashda esa MNDWI indekslaridan foydalanish mumkinligi qayd etilgan. Bunday integrallashgan yondashuv aholi manzilgohlarini kompleks tahlil qilish imkonini beradi. Ya'ni, qurilgan hududlar, yashil maydonlar va suv obyektlarini birgalikda baholash orqali urbanizatsiyaning ekologik oqibatlarini aniqlash, yashash muhiti sifatini baholash va hududiy rejalashtirishning ilmiy asoslarini shakllantirish mumkin. Shu sababli, O'zbekiston sharoitida aholi manzilgohlarini o'rganishda NDBI–NDVI–MNDWI kombinatsiyasini Landsat va Sentinel ma'lumotlari bilan qo'llash istiqbolli metodologik yondashuv hisoblanadi.

Geoinformatsion texnologiyalar rivojlanishining zamonaviy bosqichi aholi manzilgohlarini tadqiq etishda masofadan zondlash ma'lumotlari va intellektual tasniflash algoritmlarining keng qo'llanilishi bilan tavsiflanadi. Dastlabki tadqiqotlarda qurilgan hududlarni aniqlash asosan vizual interpretatsiya yoki oddiy spektral tasniflash usullariga asoslangan bo'lsa, keyingi yillarda yuqori aniqlikdagi kosmik tasvirlar hamda mashinali o'qitish algoritmlarining joriy etilishi natijasida ushbu jarayon sezilarli darajada takomillashdi.

Aholi manzilgohlarini xaritalashda uzoq vaqt davomida pikselli tasniflash (pixel-based classification) yondashuvi ustunlik qilgan. Ushbu usulda kosmik tasvirning har bir pikseli alohida obyekt sifatida baholanadi va uning spektral xususiyatlari asosida ma'lum sinflarga ajratiladi. Mazkur yondashuvning eng ko'p qo'llanilgan usullaridan biri Maximum Likelihood Classification (MLC) hisoblanadi. Ushbu algoritm statistik ehtimollik nazariyasiga asoslanib, har bir

pikselning ma'lum sinfga tegishlilik ehtimolini hisoblash orqali tasniflashni amalga oshiradi. Ko'plab tadqiqotlarda Maximum Likelihood usuli urban hududlar, qishloq xo'jaligi maydonlari, suv obyektlari va vegetatsiya qoplamini ajratishda samarali natijalar bergani qayd etilgan.

Shunga qaramasdan, urban hududlar va aholi manzilgohlarini aniqlashda pikselli yondashuvning ayrim cheklovlari mavjudligi aniqlangan. Xususan, qurilgan hududlar ko'pincha murakkab teksturaga ega bo'lib, ularning spektral xususiyatlari yalang'och tuproq yoki sho'rlangan maydonlar bilan o'xshash bo'lishi mumkin. Natijada ayrim hollarda tasniflash aniqligi pasayishi kuzatiladi. Ayniqsa, Markaziy Osiyoning sug'orma dehqonchilik hududlarida ushbu muammo yaqqol namoyon bo'ladi. Shu sababli tadqiqotlarda obyektga yo'naltirilgan tasniflash yondashuvlariga murojaat qilina boshlandi.

Obyektga yo'naltirilgan tasvir tahlili (Object-Based Image Analysis – OBIA) aholi manzilgohlarini aniqlashda keng qo'llanilayotgan zamonaviy metodlardan biri hisoblanadi. Ushbu yondashuvda tasvir alohida piksellarga emas, balki shakli, o'lchami, teksturasi va spektral xususiyatlari o'xshash bo'lgan segmentlarga ajratiladi. Keyinchalik ushbu segmentlar turli sinflarga tasniflanadi. Tadqiqotlarda OBIA yondashuvi ayniqsa yuqori aniqlikdagi kosmik tasvirlar bilan ishlashda pikselli usullarga nisbatan yuqori natijalar berishi qayd etilgan. Obyektlarning geometrik xususiyatlarini hisobga olish imkoniyati aholi manzilgohlarini boshqa yer qoplami turlaridan aniqroq ajratish imkonini yaratadi.

OBIA metodologiyasining geofazoviy tadqiqotlardagi o'rni Blaschke tomonidan olib borilgan fundamental tadqiqotlarda keng yoritilgan. Ushbu ishlarda obyektga asoslangan tahlil masofadan zondlash ma'lumotlarini qayta ishlashning yangi paradigmasi sifatida baholanib, urban va qishloq hududlarini xaritalashda yuqori samaradorlikka ega ekanligi ko'rsatib berilgan. Keyingi tadqiqotlarda esa ushbu metod mashinali o'qitish algoritmlari bilan birgalikda qo'llanila boshlandi.

So'nggi yillarda aholi manzilgohlarini aniqlash va xaritalashda Random Forest algoritmi eng samarali yondashuvlardan biri sifatida e'tirof etilmoqda

(Arpitha, M., Ahmed, S. A., & Harishnaika, N. (2023)). Ushbu algoritmi ko‘plab qaror daraxtlari asosida ishlaydigan ansambl usuliga mansub bo‘lib, katta hajmdagi geofazoviy ma’lumotlarni qayta ishlashda yuqori aniqlik va barqarorlikni ta’minlaydi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, Random Forest algoritmi spektral ko‘rsatkichlar, tekstura parametrlar hamda obyektlarning morfologik xususiyatlarini birgalikda hisobga olish imkoniyati tufayli urban hududlarni aniqlashda ko‘plab klassik algoritmlardan ustun natijalar bergan.

Aholi manzilgohlarini tadqiq qilishda Random Forest algoritmining afzalliklari Xorazm vohasida amalga oshirilgan ilmiy ishlarda ham tasdiqlangan. Sug‘oriladigan hududlarda qishloq manzilgohlarining kengayishini aniqlashga bag‘ishlangan tadqiqotlarda obyektga asoslangan tasniflash va Random Forest algoritmlarining birgalikdagi qo‘llanilishi qurilgan hududlarni yuqori aniqlik bilan ajratish imkonini bergan. Olingan natijalar aholi punktlarining hududiy kengayishini baholash va yer resurslaridagi o‘zgarishlarni aniqlashda mazkur metodologiyani yuqori samaradorligini ko‘rsatgan.

Bugungi kunda geoinformatsion tadqiqotlarda tasniflash algoritmlarini qo‘llash faqat mavjud holatni xaritalash bilan cheklanib qolmaydi. Ular urbanizatsiya jarayonlarini monitoring qilish, qurilgan hududlarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini baholash, yer qoplamining transformatsiyasini aniqlash hamda hududiy rivojlanish tendensiyalarini modellashtirishda ham keng qo‘llanilmoqda. Shu sababli aholi manzilgohlarini o‘rganishda GIS texnologiyalari, masofadan zondlash ma’lumotlari va mashinali o‘qitish algoritmlarining integratsiyasi zamonaviy geofazoviy tadqiqotlarning asosiy metodologik yo‘nalishlaridan biri sifatida qaralmoqda.

Xulosa. Tanlangan tadqiqot hududi aholi manzilgohlarining hududiy rivojlanishini baholashda aynan shunday yondashuvlardan foydalanish ilmiy jihatdan asosli hisoblanadi. Tumanda urbanizatsiya va rurbanizatsiya jarayonlarining kuchayishi, yangi turar-joy massivlarining shakllanishi hamda yer qoplamining transformatsiyasi qurilgan hududlarni aniqlashning zamonaviy

usullarini qo'llashni talab etadi. Shu nuqtai nazardan obyektga asoslangan tasniflash, Random Forest algoritmi va masofadan zondlash ma'lumotlari keyingi tadqiqot bosqichlarida aholi manzilgohlarining hududiy rivojlanishini baholashning asosiy vositalari sifatida foydalanilishi mumkin.

Xulosa qilib aytganda, aholi manzilgohlarini geoinformatsion texnologiyalar asosida tadqiq qilishda masofadan zondlash ma'lumotlari, spektral indekslar va tasniflash algoritmlarini integratsiyalash urbanizatsiya jarayonlarini yuqori aniqlikda baholash imkonini beradi. **NDVI** va **SAVI** indeksleri yashil hududlar holatini, **MNDWI** suv obyektlarini, **NDBI** va **IBI** esa qurilgan hududlarni aniqlashda samarali vosita sifatida namoyon bo'ladi. Shu bilan birga, **Maximum Likelihood**, **Object-Based Image Analysis (OBIA)**, **Random Forest (RF)**, **Support Vector Machine (SVM)** hamda **CART** kabi tasniflash algoritmlarining qo'llanilishi yer qoplami sinflarini aniq ajratish, aholi manzilgohlarining fazoviy o'zgarishlarini monitoring qilish va urbanizatsiya dinamikasini tahlil qilish imkoniyatlarini kengaytiradi. Ayniqsa, Landsat va Sentinel sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini GAT muhitida indekslar va zamonaviy mashinali o'qitish algoritmlari bilan birgalikda qo'llash aholi manzilgohlarining hududiy rivojlanishi, yashil maydonlar qisqarishi, qurilgan hududlar kengayishi hamda istiqboldagi rivojlanish yo'nalishlarini ilmiy asosda baholashga xizmat qiladi. Natijada, ushbu yondashuvlar hududiy rejalashtirish, infratuzilmani joylashtirish, ekologik monitoring va barqaror shahar rivojlanishini ta'minlash bo'yicha boshqaruv qarorlarini qabul qilishda ishonchli geofazoviy axborot manbai sifatida muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyot

1. Arpitha, M., Ahmed, S. A., & Harishnaika, N. (2023). Land use and land cover classification using machine learning algorithms in Google Earth Engine. *Earth Science Informatics*, 16(4), 3057–3073. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01073-w>.
2. Wahid, T. B., & Mushref, Z. J. (2026). Geospatial analysis of urban expansion using the NDBI spectral index and Landsat-8 data. *European Journal of Sustainable Development Research*, 10(1), em0362. <https://doi.org/10.29333/ejosdr/17556>.

3. Gulimmatov I.B. (2025) Cartographic analysis of territorial changes in population settlements (In the case of Gurlen district). Electronic journal Actual Problems of modern Science, Education and Training. Actual problems of geography. 39–46.
4. Gulimmatov I.B., Allaberganov Yu.A., Normetov S.M., Sobirov J.X. Shahar aholi punktlarini tadqiq qilishda gat hamda masofadan olingan ma'lumotlar bazasini yaratish (xorazm viloyati misolida) // Экономика и социум. 2023. №6-2 (109).
5. Matchanov, O. J., & Matchanov, M. J. (2022). Determination of water bodies within the influence of collector and drainage networks based on digital elevation models. Bulletin of Osh State University, 164–170.
6. Matchanov, O. J., Mudarra, M., Nigmatov, A., Boymurodov, R., Jumabayev, R., Hakimi, A., & Matchanov, O. (2025). Drought safety levels assessment in Uzbekistan part of the Khorezm oasis by geospatial methods. Geodesy and Cartography, 51, 67–80. <https://doi.org/10.3846/gac.2025.23771>