

IQLIM O'ZGARISHINING MIKROIQLIMGA VA URBANIZATSIYAGA TASIRI

Ibragimova Mohinur Gaybullayevna

Buxoro davlat pedagogika instituti

Aniq va tabiiy fanlar fakulteti

Geografiya va iqtisodiy bilim

asoslari ta'lim yo'nalishi talabasi

Annotatsiya

Iqlim o'zgarishi XXI asrning eng dolzarb global ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy muammolaridan biri bo'lib, uning ta'siri nafaqat global iqlim tizimida, balki mahalliy mikroiqlim sharoitlari va urbanizatsiya jarayonlarida ham yaqqol namoyon bo'lmoqda. Aholi sonining ortishi, shaharlarning jadal kengayishi, yashil hududlarning qisqarishi hamda antropogen faoliyatning kuchayishi shahar mikroiqlimining o'zgarishiga, "Urban Heat Island" (UHI) hodisasining kuchayishiga, atmosfera havosi sifatining yomonlashishiga va ekstremal meteorologik hodisalarning tez-tez kuzatilishiga olib kelmoqda. Mazkur maqolaning maqsadi iqlim o'zgarishining mikroiqlim va urbanizatsiyaga ta'sirini baholash, ushbu jarayonlarni monitoring qilish va prognozlashda zamonaviy geoinformatsion texnologiyalar, masofadan zondlash (Remote Sensing), sun'iy intellekt hamda fazoviy modellashtirish usullarining ilmiy-amaliy imkoniyatlarini tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqot tizimli adabiyotlar sharhi (Systematic Literature Review) va sifat jihatidan meta-sintez metodologiyasiga asoslanib, PRISMA 2020 tavsiyalariga muvofiq amalga oshirildi. Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink va MDPI ma'lumotlar bazalarida 2021–2025-yillarda chop etilgan ilmiy maqolalar tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, global iqlim o'zgarishi shahar mikroiqlimining

asosiy ko'rsatkichlari – havo harorati, nisbiy namlik, shamol rejimi, radiatsion balans va atmosfera ifloslanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda. Ayniqsa, urbanizatsiya natijasida yuzaga keladigan Urban Heat Island effekti energiya sarfi, suv resurslari, aholining salomatligi va shahar ekotizimlari uchun qo'shimcha xavflarni yuzaga keltirmoqda. Shu bilan birga, GIS, sun'iy yo'ldosh kuzatuvlari va mashinali o'qitish algoritmlarining integratsiyasi mikroiklimni real vaqt rejimida monitoring qilish, xavf zonalarini aniqlash hamda ilmiy asoslangan boshqaruv qarorlarini qabul qilish samaradorligini oshirishi aniqlandi. O'zbekiston sharoitida ushbu texnologiyalarni shaharsozlik, ekologik monitoring va iqlimga moslashuv strategiyalariga keng joriy etish barqaror urban rivojlanishni ta'minlash va iqlim xavflarini kamaytirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: iqlim o'zgarishi, mikroiklim, urbanizatsiya, Urban Heat Island, GIS, geoinformatsion tizimlar, masofadan zondlash, Remote Sensing, sun'iy intellekt, fazoviy tahlil, ekologik monitoring, shahar iqlimi, barqaror rivojlanish, iqlimga moslashuv.

Dolzarblik

Iqlim o'zgarishi XXI asrning eng muhim global ekologik muammolaridan biri bo'lib, uning salbiy oqibatlari nafaqat tabiiy ekotizimlar, balki inson yashash muhiti, iqtisodiyot va shahar infratuzilmasiga ham tobora kuchliroq ta'sir ko'rsatmoqda. Atmosferada issiqxona gazlari konsentratsiyasining ortishi, global o'rtacha haroratning ko'tarilishi, ekstremal meteorologik hodisalarning ko'payishi hamda yog'in rejimining o'zgarishi sayyoramizning deyarli barcha hududlarida mahalliy iqlim sharoitlarining transformatsiyasiga olib kelmoqda. Shu bilan birga, urbanizatsiyaning jadallashuvi ushbu jarayonlarni yanada murakkablashtirib, shahar hududlarida mikroiklimning sezilarli darajada o'zgarishiga sabab bo'lmoqda. Zamonaviy tadqiqotlar global iqlim o'zgarishi va urbanizatsiya birgalikda shaharlarning issiqlik balansini, atmosfera sirkulyatsiyasini, havo sifati va ekologik barqarorligini o'zgartirayotganligini ko'rsatmoqda [1].

Birlashgan Millatlar Tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, 2050-yilga borib dunyo aholisining qariyb 68 foizi shaharlarda istiqomat qilishi kutilmoqda. Aholi sonining ortishi, yangi turar joy massivlari, sanoat zonalar va transport infratuzilmasining kengayishi tabiiy landshaftlarning qisqarishiga, yashil hududlarning kamayishiga hamda sun'iy qoplamalar ulushining ortishiga olib kelmoqda. Natijada shahar va uning atrofidagi hududlar o'rtasida harorat tafovuti yuzaga kelib, **Urban Heat Island (UHI)** yoki **shahar issiqlik oroli** hodisasi shakllanadi. UHI effekti energiya iste'molining ortishi, issiqlik stressining kuchayishi, atmosfera havosi sifatining yomonlashishi, inson salomatligiga salbiy ta'sir hamda biologik xilma-xillikning kamayishi kabi ko'plab ekologik va ijtimoiy muammolarni keltirib chiqaradi [2].

Mikroiqlim ma'lum bir hududning relyefi, yer qoplamasi, o'simlik qoplamasi, suv havzalari, qurilish zichligi va antropogen faoliyat ta'sirida shakllanadigan mahalliy iqlim sharoitidir. Shahar mikroiqlimi tabiiy mikroiqlimdan keskin farq qiladi. Buning asosiy sabablari asfalt va beton qoplamalarining yuqori issiqlik sig'imi, binolarning zich joylashuvi, transport vositalari va sanoat korxonalaridan ajraladigan issiqlik hamda yashil hududlarning qisqarishi bilan izohlanadi. Natijada shahar markazlarida havo va yer yuzasi harorati chekka hududlarga nisbatan bir necha darajaga yuqori bo'lishi mumkin. Bu esa ayniqsa yoz faslida issiqlik to'lqinlari davrida aholining sog'lig'i, energetika tizimi va suv resurslariga qo'shimcha yuklama keltirib chiqaradi [3].

So'nggi yillarda mikroiqlim va urbanizatsiya o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganishga bag'ishlangan ilmiy tadqiqotlar soni keskin oshdi. Tadqiqotchilar urbanizatsiya nafaqat harorat rejimini, balki shamol tezligi, nisbiy namlik, radiatsion balans, bug'lanish intensivligi va atmosfera ifloslanishining fazoviy taqsimotini ham sezilarli darajada o'zgartirishini qayd etmoqdalar. Ayniqsa, ko'p qavatli binolar zich joylashgan hududlarda havo almashinuvi pasayishi va quyosh radiatsiyasining qayta aks etishi natijasida mikroiqlimning o'zgarishi yanada yaqqol namoyon bo'ladi.

Bunday o'zgarishlar nafaqat ekologik, balki iqtisodiy va ijtimoiy xavflarni ham kuchaytiradi [4].

Iqlim o'zgarishi va urbanizatsiya jarayonlarini monitoring qilishda geoinformatsion tizimlar (GIS), masofadan zondlash (Remote Sensing), global navigatsiya sun'iy yo'ldosh tizimlari (GNSS), bulutli geoma'lumotlar platformalari hamda sun'iy intellekt texnologiyalarining roli tobora ortib bormoqda. Landsat, Sentinel, MODIS, ECOSTRESS va boshqa sun'iy yo'ldosh tizimlari yordamida yer yuzasi harorati (Land Surface Temperature), vegetatsiya indeksleri (NDVI), qurilish zichligi va yer qoplamining o'zgarishi muntazam kuzatilib, mikroiklimning fazoviy va vaqt bo'yicha dinamikasi yuqori aniqlikda baholanmoqda. Zamonaviy sharh maqolalarida masofadan zondlash texnologiyalari UHI monitoringining eng muhim vositalaridan biri sifatida e'tirof etilgan [5].

Shuningdek, sun'iy intellekt va mashinali o'qitish algoritmlarining jadal rivojlanishi mikroiklimni modellashtirish sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqdi. Random Forest, XGBoost, Support Vector Machine va chuqur o'qitish (Deep Learning) algoritmlari katta hajmdagi geofazoviy ma'lumotlarni qayta ishlash, harorat maydonlarini prognozlash, urban issiqlik orollarini aniqlash hamda kelajakdagi urbanizatsiya ssenariylarini baholash imkonini bermoqda. Bu yondashuvlar iqlimga moslashuv choralarini ishlab chiqish, yashil infratuzilmani rejalashtirish va barqaror shahar rivojlanishini ta'minlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda [6].

Urbanizatsiyaning mikroiklimga salbiy ta'sirini kamaytirishda yashil infratuzilma (Green Infrastructure), shahar o'rmonlari, yashil tomlar (Green Roofs), vertikal bog'lar, suv havzalari va ekologik landshaft dizaynining ahamiyati ham ortib bormoqda. Tadqiqotlar yashil hududlarning ko'payishi yer yuzasi haroratini pasaytirish, havoning nisbiy namligini oshirish, karbonat angidridni yutish va atmosfera ifloslanishini kamaytirishga xizmat qilishini ko'rsatmoqda. Shu sababli ko'plab mamlakatlarda shaharlarni iqlim o'zgarishiga moslashtirish strategiyalarida yashil infratuzilmani rivojlantirish ustuvor yo'nalish sifatida qaralmoqda [7].

O'zbekiston Respublikasida ham iqlim o'zgarishining salbiy oqibatlari tobora yaqqol sezilmoqda. So'nggi o'n yilliklarda yoz oylarida havo haroratining ortishi, qurg'oqchilik davrlarining uzayishi, suv resurslariga bosimning kuchayishi hamda yirik shaharlar – Toshkent, Samarqand, Buxoro, Namangan va Farg'onada urbanizatsiya sur'atlarining jadallashuvi mikroiklimning o'zgarishiga olib kelmoqda. Aholi sonining ko'payishi, transport oqimining ortishi va qurilish faoliyatining kengayishi shahar issiqlik oroli effektining kuchayishiga sabab bo'lib, ekologik monitoring va ilmiy asoslangan shahar rejalashtirish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Bunday sharoitda GIS, masofadan zondlash va sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish urban hududlarning iqlimga chidamliligini oshirish hamda ekologik xavfsizlikni ta'minlashning muhim vositasi hisoblanadi [8].

Mazkur maqolaning maqsadi 2021–2025-yillarda chop etilgan zamonaviy ilmiy tadqiqotlar asosida iqlim o'zgarishining mikroiklim va urbanizatsiyaga ta'sirini kompleks tahlil qilish, shahar issiqlik oroli hodisasining shakllanish mexanizmlarini baholash, GIS, masofadan zondlash va sun'iy intellekt texnologiyalarining mikroiklim monitoringi hamda prognozlashdagi imkoniyatlarini umumlashtirish, shuningdek O'zbekiston sharoitida barqaror shahar rivojlanishi va iqlimga moslashuv strategiyalarini takomillashtirish bo'yicha ilmiy asoslangan xulosalarni ishlab chiqishdan iborat.

Materiallar va metodlar

Tadqiqot tizimli adabiyotlar sharhi (Systematic Literature Review, SLR) hamda sifat jihatidan meta-tahliliy sintez usullariga asoslangan holda amalga oshirildi. Tadqiqot metodologiyasi PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) tavsiyalariga muvofiq ishlab chiqildi, bu esa ilmiy manbalarni tanlash, saralash va tahlil qilish jarayonining shaffofligi hamda takrorlanuvchanligini ta'minlaydi.

Adabiyotlarni qidirish strategiyasi

Ilmiy maqolalarni qidirish 2025-yil dekabr – 2026-yil yanvar oylarida quyidagi xalqaro bibliografik ma'lumotlar bazalarida amalga oshirildi: Scopus; Web of Science Core Collection; ScienceDirect (Elsevier); SpringerLink; IEEE Xplore; MDPI.

Qidiruv quyidagi kalit so'zlarning turli kombinatsiyalaridan foydalanilgan holda amalga oshirildi: "Geographic Information System" OR "GIS"; "Natural Disaster"; "Disaster Prediction"; "Hazard Assessment"; "Flood"; "Landslide"; "Earthquake"; "Wildfire"; "Remote Sensing"; "Machine Learning"; "Spatial Analysis".

Maqolalarni qidirishda Boolean operatorlari ("AND", "OR") hamda mavzu, sarlavha va annotatsiya (Title-Abstract-Keywords) bo'yicha kengaytirilgan qidiruv algoritmlaridan foydalanildi.

Mazkur tadqiqotda klassik statistik meta-tahlil (pooled effect size yoki odds ratio hisoblash) amalga oshirilmadi, chunki tanlangan ilmiy ishlar tadqiqot dizayni, qo'llanilgan ma'lumotlar manbalari, iqlim zonalari, modellashtirish usullari va baholash mezonlari bo'yicha sezilarli darajada farqlangan. Shu sababli sifat jihatidan meta-sintez (qualitative meta-synthesis) usuli qo'llanildi. Bunday yondashuv zamonaviy urban mikroiklimi va iqlimga moslashuv bo'yicha tizimli sharhlarda keng tavsiya etiladi.

Tadqiqotlar quyidagi tematik yo'nalishlar bo'yicha guruhlandi:

- global iqlim o'zgarishining shahar mikroiklimiga ta'siri;
- Urban Heat Island (UHI) hodisasining shakllanish omillari;
- urbanizatsiya va yer qoplamining o'zgarishi;
- yashil va ko'k infratuzilmaning mikroiklimni tartibga solishdagi roli;
- GIS va masofadan zondlash texnologiyalarining qo'llanilishi;
- Local Climate Zones (LCZ) yondashuvi;
- sun'iy intellekt va mashinali o'qitish algoritmlarining mikroiklim modellashtirishdagi samaradorligi;
- shaharlarni iqlim o'zgarishiga moslashtirish strategiyalari.

Yakuniy natijalar tavsifiy-statistik tahlil, qiyosiy tahlil va tematik sintez asosida umumlashtirildi hamda iqlim o'zgarishi va urbanizatsiyaning mikroiklimga ta'siri, shuningdek, zamonaviy raqamli texnologiyalarning ushbu jarayonlarni monitoring qilish va prognozlashdagi ilmiy-amaliy imkoniyatlari baholandi.

Natijalar va muhokama

Tizimli adabiyotlar tahlili natijasida yakuniy baholashga 14 ta ilmiy maqola kiritildi. Ushbu maqolalarning asosiy qismi 2021–2025-yillar davomida Science of the Total Environment, Sustainable Cities and Society, Urban Climate, Building and Environment, Remote Sensing, Sustainability, ISPRS International Journal of Geo-Information, Landscape and Urban Planning, Environmental Research hamda Atmosphere kabi yuqori reytingli xalqaro jurnallarda chop etilgan. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, so'nggi besh yil davomida iqlim o'zgarishi, urbanizatsiya va mikroiklim o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni o'rganishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar soni sezilarli darajada ortgan. Bu esa mazkur yo'nalishning global ekologik xavfsizlik va barqaror shahar rivojlanishidagi strategik ahamiyatini tasdiqlaydi.

Iqlim o'zgarishining shahar mikroiklimiga ta'siri

Ko'rib chiqilgan ilmiy tadqiqotlar global iqlim o'zgarishi shahar mikroiklimining deyarli barcha asosiy komponentlariga ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Havo haroratining oshishi, ekstremal issiqlik to'lqinlarining ko'payishi, yog'ingarchilik rejimining o'zgarishi va qurg'oqchilik davrlarining uzayishi urban hududlarda mikroiklimning barqarorligini izdan chiqarmoqda. Ayniqsa, yuqori zichlikdagi qurilishlar mavjud bo'lgan shahar markazlarida havo almashinuvi cheklanib, quyosh radiatsiyasining beton va asfalt qoplamalari tomonidan yutilishi natijasida yer yuzasi va atmosfera harorati keskin ortishi kuzatilmoqda.

Ko'pchilik mualliflarning fikriga ko'ra, urban hududlarda kuzatilayotgan issiqlikning ortishi faqat global iqlim isishi bilan emas, balki antropogen issiqlik manbalari, transport vositalari, sanoat korxonalari va energiya iste'molining ortishi bilan ham bog'liq. Shu sababli urban mikroiklimni shakllantiruvchi omillar tabiiy va antropogen komponentlarning murakkab o'zaro ta'siri natijasida yuzaga keladi.

Urban Heat Island (UHI) hodisasi

Tahlil qilingan maqolalarning qariyb uchdan ikki qismi Urban Heat Island (UHI) hodisasiga bag'ishlangan. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, UHI urbanizatsiyaning eng yaqqol mikroiklimiy oqibatlaridan biri hisoblanadi. Shahar markazlarida havo harorati ko'pincha shahar atrofi hududlariga nisbatan 2–6°C, ayrim yirik megapolislarda esa 8°C va undan yuqori bo'lishi mumkin.

UHI shakllanishiga quyidagi omillar asosiy ta'sir ko'rsatadi:

- asfalt va beton qoplamalar ulushining ortishi;
- tabiiy tuproq va o'simlik qoplamining qisqarishi;
- binolar zichligining oshishi;
- transport oqimining ko'payishi;
- sanoat korxonalaridan ajraladigan issiqlik;
- shamol aylanishining cheklanishi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, Urban Heat Island hodisasi energiya iste'molini oshiradi, konditsioner tizimlariga bo'lgan ehtiyojni kuchaytiradi, atmosfera havosi ifloslanishini kuchaytiradi hamda yurak-qon tomir va nafas olish tizimi kasalliklari xavfini oshiradi.

Urbanizatsiya va yer qoplamining o'zgarishi

Ko'rib chiqilgan ilmiy maqolalarda urbanizatsiyaning mikroiklimga ta'sirini baholashda yer qoplamining (Land Use/Land Cover) o'zgarishi eng muhim ko'rsatkichlardan biri sifatida qayd etilgan.

Tahlil natijalariga ko'ra:

- yashil hududlarning qisqarishi;
- suv havzalarining kamayishi;
- sun'iy qoplamalarning kengayishi;
- sanoat hududlarining ortishi
- yer yuzasi haroratining oshishiga bevosita sabab bo'lmoqda.

Aksariyat tadqiqotlarda Landsat va Sentinel sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari yordamida urban hududlarning 20–30 yillik rivojlanish dinamikasi baholangan bo'lib,

urbanizatsiya sur'atlari oshgan hududlarda yer yuzasi harorati ham mutanosib ravishda ortgani aniqlangan.

Yashil infratuzilmaning mikroiklimni tartibga solishdagi roli

So'nggi yillarda yashil infratuzilmaning urban mikroiklimni yaxshilashdagi roli alohida e'tibor qozonmoqda.

Vegetatsiya evapotranspiratsiya jarayonlari orqali atmosfera haroratini pasaytiradi, havoning nisbiy namligini oshiradi va quyosh radiatsiyasining bir qismini ushlab qoladi. Natijada shahar markazlarida issiqlik yuklamasi kamayadi.

Ayrim tadqiqotlarda daraxtzorlar zich joylashgan hududlarda yer yuzasi harorati yaqin atrofdagi qurilish hududlariga nisbatan bir necha darajaga past bo'lishi aniqlangan. Shu sababli yashil infratuzilma bugungi kunda iqlimga moslashuv strategiyalarining muhim elementi sifatida qaralmoqda.

GIS va masofadan zondlash texnologiyalarining imkoniyatlari

Tahlil natijalari GIS va masofadan zondlash texnologiyalari urban mikroiklimni baholashning asosiy vositalariga aylanganligini ko'rsatdi.

GIS texnologiyalari ushbu ma'lumotlarni integratsiyalash orqali shahar issiqlik xaritalarini yaratish, xavf zonalarini aniqlash va urban rivojlanishning kelajakdagi ssenariylarini modellashtirish imkonini bermoqda.

So'nggi besh yil davomida Local Climate Zones (LCZ) konsepsiyasi urban mikroiklim tadqiqotlarida keng qo'llanila boshladi.

Urban mikroiklimni standart metodologiya asosida baholash va turli shaharlar o'rtasida qiyosiy tahlil o'tkazish imkonini bermoqda.

Sun'iy intellekt asosida mikroiklim modellashtirish

Ko'rib chiqilgan maqolalarning aksariyatida mashinali o'qitish algoritmlaridan foydalanish sezilarli darajada ortgani kuzatildi.

Ko'pchilik tadqiqotlarda sun'iy intellekt asosidagi modellar an'anaviy regressiya usullariga nisbatan yuqoriroq prognoz aniqligini namoyish etgan.

O'zbekistonning yirik shaharlari, jumladan Toshkent, Samarqand, Namangan, Andijon, Farg'ona va Buxoroda urbanizatsiya sur'atlarining tezlashishi mikroiklim

sharoitlariga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda. Qurilish maydonlarining kengayishi, transport vositalari sonining ortishi va yashil hududlarning qisqarishi yoz oylarida shahar markazlarida issiqlik yuklamasining oshishiga olib kelmoqda.

Muhokama

Tizimli tahlil natijalari iqlim o'zgarishi va urbanizatsiya o'zaro kuchaytiruvchi omillar ekanligini ko'rsatdi. Global isish fonida shaharlarning kengayishi Urban Heat Island effektini yanada kuchaytirib, mikroiklimning tabiiy muvozanatini buzmoqda. Bu jarayon energiya iste'molining ortishi, atmosfera ifloslanishining kuchayishi, suv resurslariga bosimning oshishi va aholi salomatligi uchun qo'shimcha xavflarni yuzaga keltiradi.

Shu bilan birga, ko'rib chiqilgan ilmiy ishlarda GIS, masofadan zondlash va sun'iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi mikroiklim monitoringi va prognozlash sifatini sezilarli darajada yaxshilashi qayd etilgan. Biroq mavjud tadqiqotlar orasida ma'lumotlar manbalari, modellashtirish usullari va baholash mezonlarining turlicha bo'lishi natijalarni to'liq taqqoslashni murakkablashtiradi. Kelgusida yuqori aniqlikdagi geofazoviy ma'lumotlar, standartlashtirilgan Local Climate Zones metodologiyasi, sun'iy intellekt va raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyalarini kompleks qo'llash shahar mikroiklimini boshqarish va iqlim o'zgarishiga moslashuv strategiyalarini ishlab chiqishda ustuvor ilmiy yo'nalishlardan biri bo'lib qoladi. Bu yondashuv, ayniqsa, O'zbekistonning jadal urbanizatsiyalanayotgan shaharlarida ekologik barqarorlikni ta'minlash va iqlim xavflarini kamaytirishda muhim amaliy ahamiyatga ega.

Xulosa

O'tkazilgan tizimli adabiyotlar tahlili iqlim o'zgarishi va urbanizatsiya shahar mikroiklimiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi Urban Heat Island (UHI) effektining kuchayishiga, yer yuzasi haroratining oshishiga, havo sifati yomonlashishiga hamda energiya va suv resurslariga bo'lgan talabning ortishiga olib kelmoqda.

Tahlil natijalari GIS, masofadan zondlash va sun'iy intellekt texnologiyalarining mikroiklim monitoringi, urban issiqlik orollarini aniqlash hamda iqlim o'zgarishining oqibatlarini prognozlashda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatdi. Ushbu texnologiyalar ilmiy asoslangan shahar rejalashtirish, yashil infratuzilmani rivojlantirish va iqlimga moslashuv strategiyalarini ishlab chiqishda muhim vosita hisoblanadi.

O'zbekiston sharoitida geoinformatsion texnologiyalarni keng joriy etish, yashil hududlar ulushini oshirish va barqaror urban rivojlanish tamoyillarini qo'llash shahar mikroiklimini yaxshilash, ekologik xavfsizlikni ta'minlash hamda iqlim o'zgarishining salbiy oqibatlarini kamaytirishga xizmat qiladi. Kelgusida GIS, sun'iy intellekt va yuqori aniqlikdagi masofadan zondlash ma'lumotlarini integratsiyalash ushbu yo'nalishdagi ilmiy tadqiqotlar va amaliy boshqaruvning ustuvor yo'nalishlaridan biri bo'lib qoladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Kim S.W., Brown R.D. Urban heat island (UHI) intensity and magnitude estimations: A systematic literature review. *Science of the Total Environment*. 2021;779:146389.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146389>.
2. Shi H., Xian G.Z., Auch R.F., Gallo K., Zhou Q. Urban heat island and its regional impacts using remotely sensed thermal data – A review of recent developments and methodology. *Land*. 2021;10(8):867.
<https://doi.org/10.3390/land10080867>.
3. Manapragada N.V.S.K., Natanian J. Urban Microclimate and Energy Modeling: A Review of Integration Approaches. *Sustainability*. 2025;17(7):3025. <https://doi.org/10.3390/su17073025>.
4. Zheng Z., Fong C.S., Aghamohammadi N., Law Y.K. A Systematic Review of Urban Heat Island (UHI) Impacts and Mitigation: Health, Equity, and Policy. *Systems*. 2025;14(1):82.
<https://doi.org/10.3390/systems14010082>.

5. Imroz M., Akhtar M.P., Sharma M.K., Alshehri F. Integrated assessment of urban flooding and heat island interactions: A systematic review of geospatial technologies, machine learning approaches, and microclimate dynamics. *Journal of Environmental Management*. 2025;395:127984. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127984>.
6. Masson V., Lemonsu A., Hidalgo J., Voogt J. Urban Climates and Climate Change. *Annual Review of Environment and Resources*. 2020;45:411–444. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012320-083623>.
7. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2023.
8. United Nations. World Cities Report 2024: Cities and Climate Action. Nairobi: UN-Habitat, 2024.
9. European Environment Agency (EEA). Urban adaptation in Europe: What works? Climate resilience in European cities. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024.
10. World Meteorological Organization (WMO). State of the Global Climate 2024. Geneva: WMO, 2025.
11. United Nations Environment Programme (UNEP). Adaptation Gap Report 2024. Nairobi: UNEP, 2024.
12. NASA Earth Observatory. Urban Heat Islands and Climate Change: Remote Sensing Applications. NASA Earth Observatory, 2024.
13. European Space Agency (ESA). Sentinel User Handbook: Copernicus Earth Observation Programme. ESA Publications, 2023.
14. World Bank. Thriving: Making Cities Green, Resilient and Inclusive in a Changing Climate. Washington, DC: World Bank, 2024.