




IQLIM O'ZGARISHI SHAROITIDA TOSHKENT SHAHRINING MIRZO ULUG'BEK VA YANGIHAYOT TUMANLARIDA YASHIL QOPLAMA DINAMIKASINI NDVI ASOSIDA BAHOLASH

Aminov Xamza Xusanovich 

Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot instituti direktor o'rinbosari, texnika fanlari falsafa doktori, professor

Xakimova Nigora Marat qizi 

Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o'zgarishini o'rganish universiteti (Green University) magistranti

Aminova Zuxra Xamza qizi 

Markaziy Osiyo atrof-muhit va iqlim o'zgarishini o'rganish universiteti (Green University) magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada iqlim o'zgarishi va urbanizatsiya jarayonlari sharoitida Toshkent shahrining Mirzo Ulug'bek hamda Yangiheyot tumanlarida yashil qoplama dinamikasi NDVI ko'rsatkichi asosida baholandi. NDVI masofadan zondlash tadqiqotlarida o'simlik qoplami holati, zichligi va fazoviy taqsimotini aniqlashda keng qo'llaniladigan vegetatsion indeks hisoblanadi [1,2]. Tadqiqotda 2020, 2022 va 2024-yillarga oid Sentinel-2 kosmik suratlari hamda GIS texnologiyalaridan foydalanildi, chunki Sentinel-2 ma'lumotlari 10 metr fazoviy aniqlikka ega bo'lib, shahar hududlarida yashil qoplamaning tumanlar kesimida baholash imkonini beradi [3]. Ilmiy adabiyotlarda yashil hududlar shahar mikroiklimini tartibga solish, yer yuzasi haroratini pasaytirish va shahar issiqlik oroli ta'sirini yumshatishda muhim omil ekani ta'kidlanadi [4,5]. Tahlil natijalari Mirzo Ulug'bek va Yangiheyot tumanlarida yashil qoplama darajasi hududiy jihatdan notekis taqsimlanganini hamda 2020-2024-yillar davomida NDVI sinflari bo'yicha sezilarli farqlar mavjudligini ko'rsatdi. Olingan natijalar shahar yashil infratuzilmasini rejalashtirish, mavjud yashil hududlarni saqlash va iqlim o'zgarishiga moslashuv choralari ishlab chiqishda ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: NDVI, yashil qoplama, Sentinel-2, GIS, iqlim o'zgarishi, urbanizatsiya, Mirzo Ulug'bek tumani, Yangiheyot tumani, Toshkent shahri.

Abstract. This article assesses the dynamics of green cover in the Mirzo Ulug'bek and Yangiheyot districts of Tashkent city under conditions of climate change and urbanization using the NDVI index. NDVI is a widely used vegetation index in remote sensing studies, allowing the assessment of vegetation condition,



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

density, and spatial distribution. The study uses Sentinel-2 satellite imagery from 2020, 2022, and 2024, along with GIS technologies, because its 10-meter spatial resolution enables evaluation of green cover at the urban district level. Scientific literature emphasizes that green areas play an important role in regulating the urban microclimate, reducing land surface temperature, and mitigating the Urban Heat Island effect. The analysis results showed that the level of green cover in the Mirzo Ulugbek and Yangiheyot districts is unevenly distributed spatially, and that noticeable differences in NDVI classes were observed during the period 2020–2024. The obtained results have scientific and practical significance for planning urban green infrastructure, preserving existing green areas, and developing climate change adaptation measures.

Keywords: NDVI, green cover, Sentinel-2, GIS, climate change, urbanization, Mirzo Ulugbek district, Yangiheyot district, Tashkent city.

Аннотация. В данной статье на основе индекса NDVI оценена динамика зелёного покрова в Мирзо-Улугбекском и Янгихётском районах города Ташкента в условиях изменения климата и процессов урбанизации. NDVI является широко применяемым в исследованиях дистанционного зондирования вегетационным индексом, позволяющим определить состояние, плотность и пространственное распределение растительного покрова. В исследовании использованы космические снимки Sentinel-2 за 2020, 2022 и 2024 годы, а также GIS-технологии, поскольку данные Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 метров позволяют проводить оценку зелёного покрова на уровне городских районов. В научной литературе подчёркивается, что зелёные территории играют важную роль в регулировании городского микроклимата, снижении температуры земной поверхности и смягчении эффекта городского острова тепла. Результаты анализа показали, что уровень зелёного покрова в Мирзо-Улугбекском и Янгихётском районах распределён неравномерно в пространственном отношении, а в период 2020–2024 годов наблюдаются заметные различия по классам NDVI. Полученные результаты имеют научно-практическое значение для планирования городской зелёной инфраструктуры, сохранения существующих зелёных зон и разработки мер адаптации к изменению климата.

Ключевые слова: NDVI, зелёный покров, Sentinel-2, GIS, изменение климата, урбанизация, Мирзо-Улугбекский район, Янгихётский район, город Ташкент.

KIRISH

So'nggi yillarda iqlim o'zgarishi va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi shahar ekologik muhitiga sezilarli ta'sir ko'rsatmoqda. Ayniqsa, yirik shaharlarda tabiiy yer qoplamalarining qurilish maydonlari, asfalt yo'llar va boshqa sun'iy qoplamalar bilan almashishi yashil hududlar qisqarishiga, yer yuzasi haroratining oshishiga hamda shahar mikroiklimining o'zgarishiga olib kelmoqda.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

Ilmiy adabiyotlarda shahar yashil hududlari iqlim o'zgarishiga moslashuvning muhim elementi sifatida baholanadi, chunki ular evapotranspiratsiya, soyalash va havo namligini tartibga solish orqali urban hududlarda issiqlik yuklamasini kamaytirishga xizmat qiladi [4,6].

Shahar hududlarida yashil qoplama holatini muntazam monitoring qilish ekologik barqarorlikni ta'minlash, yashil infratuzilmani rejalashtirish va urbanizatsiya ta'sirini baholashda muhim ahamiyatga ega. Bunday tahlillarda masofadan zondlash ma'lumotlari va GIS texnologiyalari keng qo'llaniladi. Xususan, NDVI- Normalized Difference Vegetation Index-o'simlik qoplami zichligi, holati va fazoviy taqsimotini aniqlashda eng ko'p foydalaniladigan vegetatsion indekslardan biridir [1,7]. NDVI ko'rsatkichi qizil va yaqin infraqizil spektral kanallar o'rtasidagi farqqa asoslanib hisoblanadi va shahar hududlarida yashillik darajasini past, o'rta va yuqori sinflarga ajratish imkonini beradi.

Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh tasvirlari shahar yashil qoplamasini baholashda muhim ma'lumot manbasi hisoblanadi. Ushbu ma'lumotlar 10 metr fazoviy aniqlikka ega bo'lib, tumanlar kesimida yashil hududlarning joylashuvi va vaqt bo'yicha o'zgarishini aniqlash imkonini beradi [9,10]. Shu sababli Sentinel-2 tasvirlari asosida NDVI hisoblash shahar ekologik monitoringida aniq va takroriy natijalar olishga yordam beradi.

Toshkent shahri O'zbekistonning eng yirik urbanizatsiyalashgan hududlaridan biri bo'lib, so'nggi yillarda qurilish, transport infratuzilmasi va aholi zichligining ortishi natijasida yer qoplami tarkibida sezilarli o'zgarishlar kuzatilmoqda. Bunday sharoitda yashil hududlarning saqlanishi va ularning fazoviy taqsimotini baholash shahar ekologik barqarorligini ta'minlashda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ilmiy tadqiqotlarda yashil hududlar shahar issiqlik oroli ta'sirini yumshatish, yer yuzasi haroratini pasaytirish va aholining ekologik qulay yashash muhitini shakllantirishda muhim rol o'ynashi ta'kidlanadi [8,14,19].

Mazkur maqolada Toshkent shahrining Mirzo Ulug'bek va Yangiheyot tumanlarida 2020, 2022 va 2024-yillar davomida yashil qoplama dinamikasi NDVI ko'rsatkichi asosida baholanadi. Ushbu ikki tuman tanlanishi ularning urbanizatsiya darajasi, hududiy joylashuvi va yashil qoplama taqsimotidagi farqlar bilan izohlanadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi Sentinel-2 kosmik suratlari va GIS texnologiyalari asosida Mirzo Ulug'bek hamda Yangiheyot tumanlarida yashil qoplamaning fazoviy-vaqtli o'zgarishlarini aniqlash va qiyosiy tahlil qilishdan iborat.

Ushbu tadqiqot natijalari shahar yashil infratuzilmasini ilmiy asosda rejalashtirish, mavjud yashil hududlarni saqlash, urbanizatsiya bosimini baholash hamda iqlim o'zgarishiga moslashuv choralari ishlab chiqishda amaliy ahamiyatga ega.

Tadqiqot obyekti. Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent shahrining Mirzo Ulug'bek va Yangiheyot tumanlari tanlab olindi. Mirzo Ulug'bek tumani Toshkent shahrining shimoli-sharqiy va sharqiy qismida joylashgan bo'lib, poytaxtning

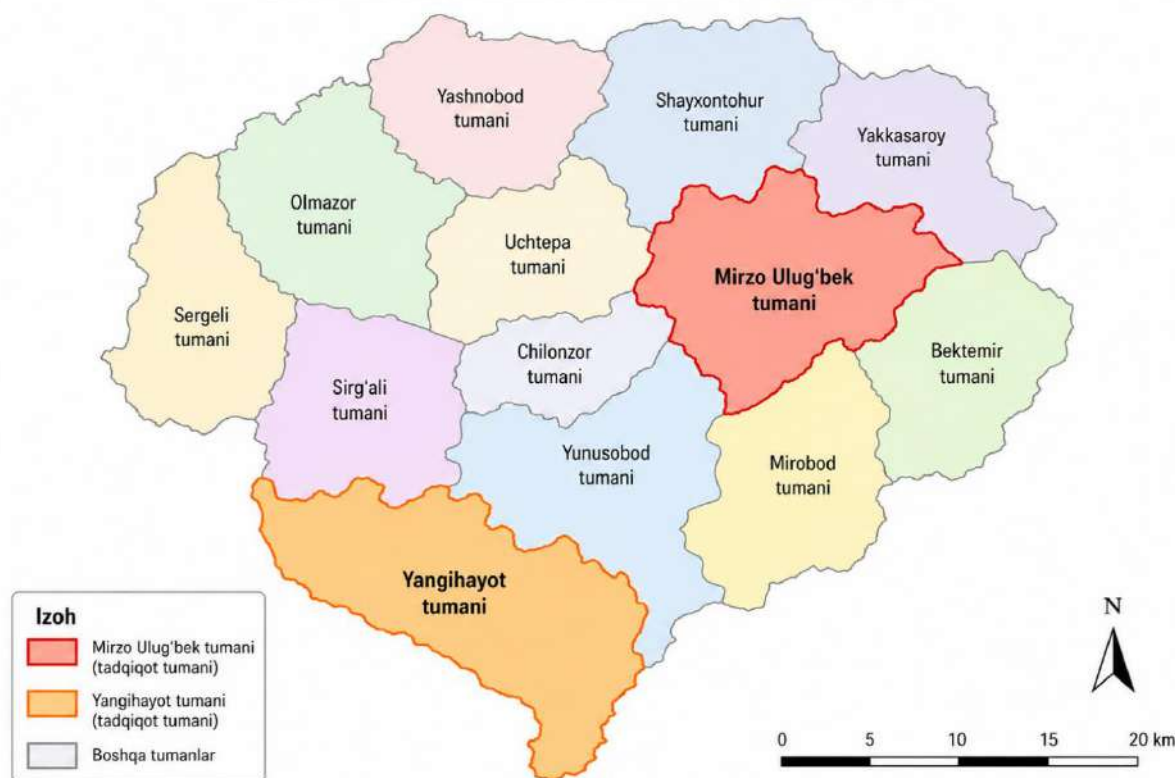


AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

nisbatan urbanizatsiyalashgan hududlaridan biri hisoblanadi. Tumanda turar joy massivlari, ta'lim va ilmiy muassasalar, transport infratuzilmasi hamda aholi yashash hududlari keng tarqalgan. Yangihayot tumani esa Toshkent shahrining janubiy qismida joylashgan bo'lib, so'nggi yillarda faol rivojlanayotgan yangi tumanlardan biridir. Ushbu hududda yangi turar joy massivlari, sanoat va infratuzilma obyektlari shakllanib borayotgani sababli yer qoplami va yashil hududlar tarkibida sezilarli o'zgarishlar kuzatilishi mumkin.

Mazkur ikki tuman joylashuvi, urbanizatsiya darajasi va yashil qoplama taqsimotidagi farqlar sababli qiyosiy tahlil uchun tanlandi. Mirzo Ulug'bek tumani nisbatan shakllangan shahar hududini, Yangihayot tumani esa yangi rivojlanayotgan urban hududni ifodalaydi. Shu sababli ushbu tumanlar misolida NDVI asosida yashil qoplama dinamikasini baholash iqlim o'zgarishi va urbanizatsiya sharoitida shahar yashil infratuzilmasining holatini aniqlash imkonini beradi.

Toshkent shahri tumanlari xaritasi



1-rasm. Toshkent shahrining ma'muriy tumanlari xaritasi va tadqiqot hududlari (Mirzo Ulug'bek hamda Yangihayot tumanlari)

MATERIALLAR VA USLUBLAR

Mazkur tadqiqotda Toshkent shahrining Mirzo Ulug'bek va Yangihayot tumanlarida yashil qoplama dinamikasini baholash uchun masofadan zondlash ma'lumotlari, GIS texnologiyalari va NDVI ko'rsatkichidan foydalanildi. Tadqiqot davri sifatida 2020, 2022 va 2024-yillar tanlandi. Ushbu yillar kesimi o'simlik qoplaminin vaqt bo'yicha o'zgarishini aniqlash, tumanlar o'rtasidagi farqlarni



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLER KARANTINI

qiyosiy baholash hamda urbanizatsiya sharoitida yashil hududlar holatini tahlil qilish imkonini beradi.

Tadqiqotning asosiy ma'lumot manbasi sifatida Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh tasvirlari olindi. Sentinel-2 tasvirlari yuqori fazoviy aniqlikka ega bo'lib, shahar hududlarida yashil qoplama holatini tumanlar kesimida aniqlash uchun qulay hisoblanadi.

Yashil qoplama holatini aniqlashda NDVI- Normalized Difference Vegetation Index ko'rsatkichidan foydalanildi. NDVI masofadan zondlash tadqiqotlarida o'simlik qoplami zichligi, fotosintetik faolligi va hududiy tarqalishini aniqlashda keng qo'llaniladigan vegetatsion indeks hisoblanadi. NDVI qiymatlari odatda -1 dan +1 gacha bo'ladi; yuqori musbat qiymatlar zich o'simlik qoplami, past qiymatlar esa qurilgan hududlar, ochiq tuproq yoki o'simliksiz yuzalarni ifodalaydi.

NDVI quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

bu yerda NIR- yaqin infraqizil spektral kanal, RED -qizil spektral kanal qiymatini bildiradi. Sentinel-2 tasvirlarida NDVI hisoblash uchun qizil kanal sifatida B4, yaqin infraqizil kanal sifatida esa B8 bandlaridan foydalanildi. Ushbu usul o'simliklarning spektral aks ettirish xususiyatlariga asoslanadi: sog'lom o'simliklar qizil spektrda kam, yaqin infraqizil spektrda esa yuqori darajada aks ettirish xususiyatiga ega bo'ladi [1,11].

Sun'iy yo'ldosh tasvirlarini tanlashda vegetatsiya davri, tasvirlarning fazoviy aniqligi va bulutlilik darajasi hisobga olindi. Vegetatsiya faol kechadigan davrda olingan tasvirlar o'simlik qoplami holatini aniqroq aks ettiradi. Bulutlilik darajasi past bo'lgan tasvirlardan foydalanish esa NDVI natijalarining ishonchliligini oshiradi, chunki bulut va atmosfera ta'siri spektral qiymatlarning buzilishiga olib kelishi mumkin [11,12].

Tanlangan Sentinel-2 tasvirlari Google Earth Engine va ArcGIS dasturlari yordamida qayta ishlanib, Mirzo Ulug'bek va Yangiheyot tumanlarining ma'muriy chegaralari bo'yicha kesib olindi. Keyingi bosqichda qizil va yaqin infraqizil kanallar asosida NDVI hisoblandi. Hisoblangan NDVI natijalari GIS muhitida tasniflanib, har bir tuman uchun 2020, 2022 va 2024-yillar bo'yicha tematik xaritalar tayyorlandi.

NDVI natijalari uchta asosiy sinfga ajratildi: yashillik mavjud emas, yashillik darajasi past va yashillik darajasi yuqori. Ushbu tasnif tumanlar kesimida yashil qoplamaning fazoviy taqsimotini aniqlash va vaqt bo'yicha o'zgarishlarini solishtirish imkonini berdi. Mirzo Ulug'bek tumani xaritasida NDVI holati 2020, 2022 va 2024-yillar bo'yicha tasvirlangan bo'lib, unda masshtab 1:110 000 sifatida berilgan. Yangiheyot tumani bo'yicha tayyorlangan NDVI xaritasida esa 2020, 2022



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

va 2024-yillar kesimidagi yashillik darajalari ko'rsatilgan, xarita masshtabi 1:80 000 sifatida berilgan.

Tahlil jarayonida har bir tuman bo'yicha NDVI sinflarining foiz ulushi aniqlandi. Mirzo Ulug'bek tumanida 2020-yilda yashillik mavjud emas hududlar 49%, yashillik darajasi past hududlar 39%, yashillik darajasi yuqori hududlar esa 12% ni tashkil etdi. 2022-yilda ushbu ko'rsatkichlar mos ravishda 49%, 40% va 11% bo'lgan bo'lsa, 2024-yilda 49%, 37% va 14% ni tashkil etdi. Yangihayot tumanida 2020-yilda yashillik mavjud emas hududlar 50%, yashillik darajasi past hududlar 39%, yuqori yashillik darajasi 11% bo'lgan. 2022-yilda bu ko'rsatkichlar 50%, 35% va 15% ni, 2024-yilda esa 47%, 42% va 11% ni tashkil etdi.

Tadqiqotda iqlimiy sharoitni izohlash maqsadida Toshkent-Observatoriya meteostansiyasi bo'yicha 2015-2025-yillarga oid meteorologik ma'lumotlardan ham foydalanildi. Ushbu ma'lumotlar O'zgidromet tomonidan taqdim etilgan bo'lib, unda iyun, iyul va avgust oylari bo'yicha o'rtacha havo harorati, o'rtacha yillik havo harorati hamda yillik yog'ingarchilik miqdori keltirilgan. Ma'lumotlarga ko'ra, 2020-2025-yillar davomida iyul oyidagi o'rtacha harorat 29,4 °C dan 31,2 °C gacha o'zgarib, 2025-yilda eng yuqori qiymatni ko'rsatgan; yillik yog'ingarchilik miqdori esa 2021-yilda 288,5 mm, 2022-yilda 542,1 mm va 2024-yilda 486,9 mm bo'lgan. Ushbu iqlimiy ko'rsatkichlar NDVI natijalarini iqlim o'zgarishi sharoitida izohlash uchun qo'shimcha asos sifatida qo'llanildi.

Tadqiqot quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi: birinchi bosqichda 2020, 2022 va 2024-yillar uchun Sentinel-2 kosmik tasvirlari tanlandi; ikkinchi bosqichda tasvirlar bulutlilik darajasi bo'yicha saralandi; uchinchi bosqichda qizil va yaqin infraqizil kanallar asosida NDVI hisoblandi; to'rtinchi bosqichda NDVI qatlamlari Mirzo Ulug'bek va Yangihayot tumanlari chegaralari bo'yicha kesib olindi; beshinchi bosqichda NDVI qiymatlari yashillik darajalariga ko'ra sinflarga ajratildi; yakuniy bosqichda esa har bir tuman bo'yicha 2020-2024-yillar oralig'idagi yashil qoplama dinamikasi qiyosiy tahlil qilindi.

Mazkur metodik yondashuv Mirzo Ulug'bek va Yangihayot tumanlarida yashil qoplamaning fazoviy-vaqtli o'zgarishlarini aniqlash, urbanizatsiya jarayonlarining yashil hududlarga ta'sirini baholash hamda iqlim o'zgarishi sharoitida shahar yashil infratuzilmasini rejalashtirish uchun ilmiy asos yaratadi.

NATIJALAR VA MUNOZARA

Tadqiqot natijalari Toshkent shahrining Mirzo Ulug'bek va Yangihayot tumanlarida yashil qoplama darajasi 2020-2024-yillar davomida turlicha dinamikaga ega bo'lganini ko'rsatdi. NDVI asosida tayyorlangan xaritalar har ikki tumanda yashil qoplama hududiy jihatdan notekis taqsimlanganini, yuqori yashillik darajasiga ega maydonlar esa asosan ayrim lokal hududlarda jamlanganini ko'rsatadi. Bu holat shahar hududlarida urbanizatsiya darajasi, qurilish zichligi, sug'orish tizimi, ochiq yer maydonlari hamda mavjud yashil infratuzilma holati bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

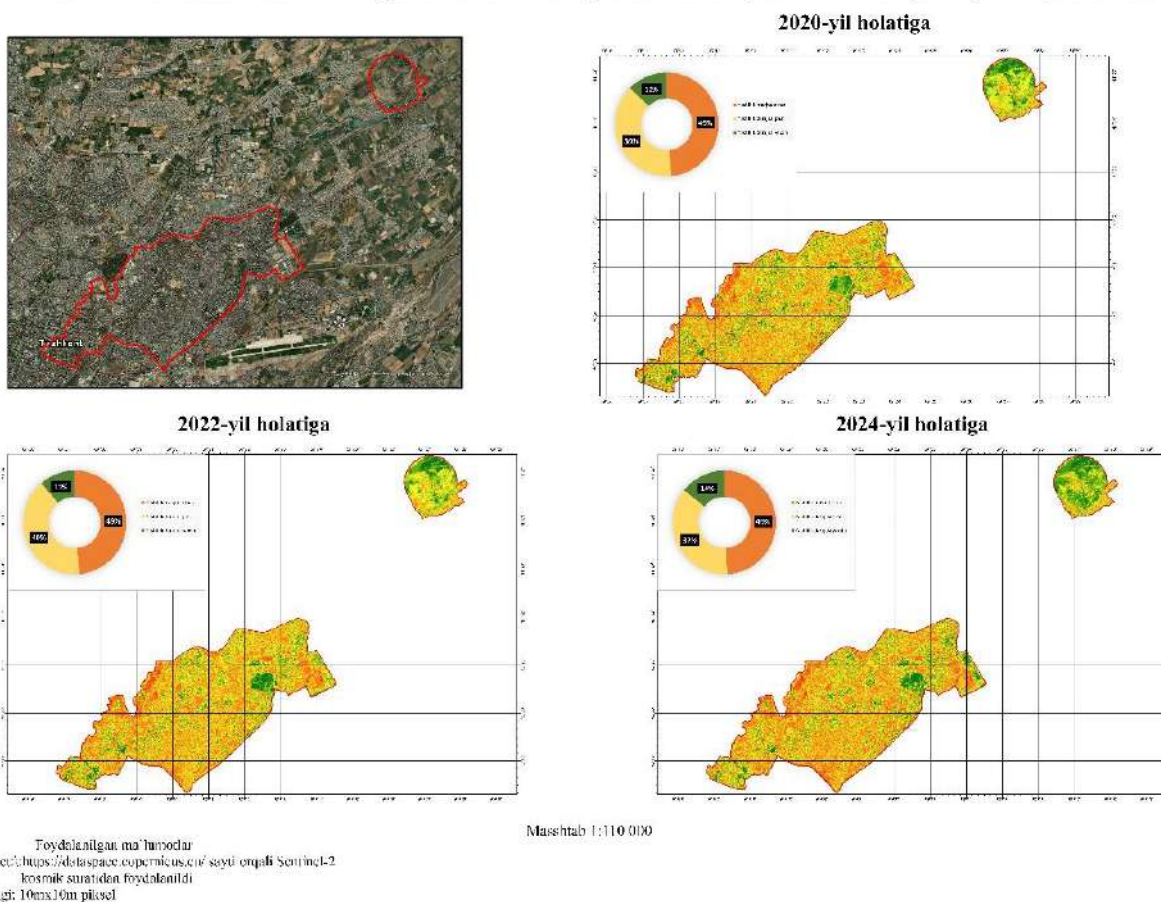


1-jadval

Mirzo Ulug'bek va Yangihayot tumanlarida NDVI sinflari bo'yicha yashil qoplama ulushi, %

Tuman	Yil	Yashillik mavjud emas, %	Yashillik darajasi past, %	Yashillik darajasi yuqori, %
Mirzo Ulug'bek	2020	49	39	12
	2022	49	40	11
	2024	49	37	14
Yangihayot	2020	50	39	11
	2022	50	35	15
	2024	47	42	11

Manba: Sentinel-2 kosmik suratlari asosida hisoblangan NDVI natijalari asosida tuzildi.

Toshkent shahar Mirzo Ulug'bek tumanining o'simliklar yashillik darajasi (NDVI) xaritasi

2-rasm. Mirzo Ulug'bek tumanida NDVI asosida yashil qoplama darajasining fazoviy taqsimoti, 2020, 2022 va 2024-yillar



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

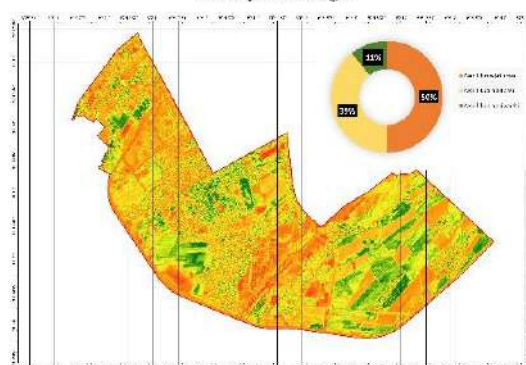
Mirzo Ulug'bek tumani bo'yicha tayyorlangan NDVI xaritalari tuman hududida 2020, 2022 va 2024-yillar davomida yashil qoplama darajasida keskin o'zgarish kuzatilmaganini ko'rsatadi. 2020-yilda yashillik mavjud emas hududlar ulushi 49% ni, yashillik darajasi past hududlar 39% ni, yuqori yashillik darajasiga ega hududlar esa 12% ni tashkil etgan. 2022-yilda yashillik mavjud emas hududlar ulushi 49% darajasida saqlangan, past yashillik darajasi 40% ga oshgan, yuqori yashillik darajasi esa 11% gacha kamaygan. 2024-yilga kelib, yashillik mavjud emas hududlar ulushi yana 49% darajasida qolgan, past yashillik darajasi 37% gacha kamaygan, yuqori yashillik darajasi esa 14% gacha oshgan.

Ushbu natijalar Mirzo Ulug'bek tumanida urbanizatsiyalashgan va o'simlik qoplami kam bo'lgan hududlar ulushi barqaror saqlanganini ko'rsatadi. Shu bilan birga, 2024-yilda yuqori yashillik darajasining 14% ga yetgani ayrim hududlarda vegetatsiya zichligi nisbatan yaxshilangan bo'lishi mumkinligini bildiradi. Xaritadan ko'rinadiki, yuqori yashillik darajasiga ega maydonlar tuman hududida bir tekis tarqalmagan, balki ayrim yashil massivlar, daraxtzor hududlar yoki sug'oriladigan maydonlarda jamlangan.

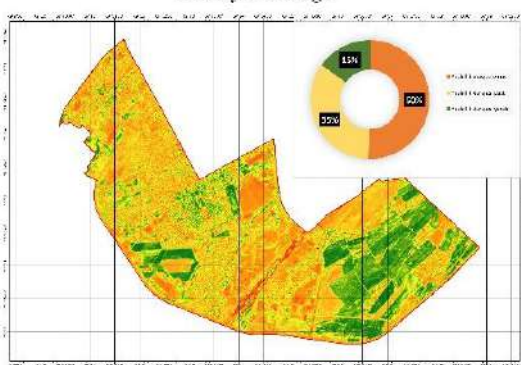
Toshkent shahar Yangihayot tumanining o'simliklar yashillik darajasi (NDVI) xaritasi



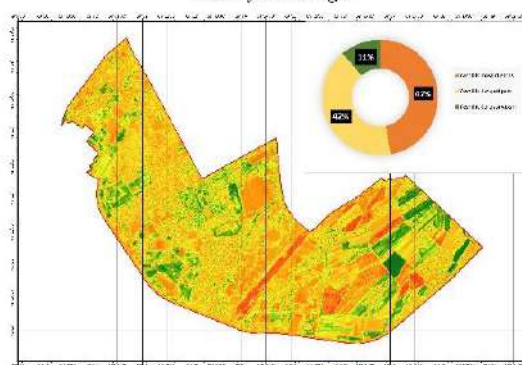
2020-yil holatiga



2022-yil holatiga



2024-yil holatiga



Foydalanilgan ma'lumotlar
Dataset: <https://dataspace.copernicus.eu/> sayti orqali Sentinel-2
kosmik suratidan foydalanildi
Aniqligi: 10mx10m piksel

Masshtab 1:80 000

3-rasm. Yangihayot tumanida NDVI asosida yashil qoplama darajasining fazoviy taqsimoti, 2020, 2022 va 2024-yillar



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

Yangihayot tumani bo'yicha NDVI natijalari Mirzo Ulug'bek tumaniga nisbatan o'zgaruvchanroq holatni ko'rsatadi. 2020-yilda yashillik mavjud emas hududlar 50% ni, past yashillik darajasiga ega hududlar 39% ni, yuqori yashillik darajasiga ega hududlar esa 11% ni tashkil etgan. 2022-yilda yashillik mavjud emas hududlar ulushi 50% darajasida saqlangan bo'lsa-da, past yashillik darajasi 35% gacha kamaygan, yuqori yashillik darajasi esa 15% gacha oshgan. Bu holat 2022-yilda tumanning ayrim qismlarida o'simlik qoplami zichlashganini yoki vegetatsiya sharoiti nisbatan qulay bo'lganini ko'rsatadi.

2024-yilda esa Yangihayot tumanida yashillik mavjud emas hududlar ulushi 47% gacha kamaygan. Biroq past yashillik darajasi 42% gacha oshgan, yuqori yashillik darajasi esa 11% gacha pasaygan. Bu natija tuman hududida o'simlik qoplami mavjud bo'lgan maydonlar ma'lum darajada kengayganini, ammo zich va yuqori darajadagi yashil qoplama barqaror saqlanmaganini ko'rsatadi. Yangihayot tumanining yangi rivojlanayotgan urban hudud sifatida shakllanishi, qurilish jarayonlari va ochiq yer maydonlarining o'zgarishi NDVI sinflari dinamikasiga ta'sir qilgan bo'lishi mumkin.

XULOSA

Mazkur tadqiqotda Toshkent shahrining Mirzo Ulug'bek va Yangihayot tumanlarida 2020, 2022 va 2024-yillar davomida yashil qoplama dinamikasi Sentinel-2 kosmik suratlari va NDVI ko'rsatkichi asosida baholandi. Olingan natijalar har ikki tumanda yashil qoplama hududiy jihatdan notekis taqsimlanganini hamda NDVI sinflari yillar kesimida turlicha o'zgarishlarga ega ekanini ko'rsatdi. Mirzo Ulug'bek tumanida 2020–2024-yillar davomida “yashillik mavjud emas” hududlar ulushi 49% darajasida barqaror saqlangan. Past yashillik darajasi 2020-yildagi 39% dan 2024-yilda 37% gacha kamaygan, yuqori yashillik darajasi esa 12% dan 14% gacha oshgan. Bu holat tumanda umumiy urbanizatsiyalashgan yuzalar ulushi barqarorligini saqlagan holda, ayrim hududlarda vegetatsiya zichligi nisbatan yaxshilangan bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

Yangihayot tumanida esa yashillik mavjud emas hududlar ulushi 2020-yildagi 50% dan 2024-yilda 47% gacha kamaygan. Shu bilan birga, past yashillik darajasi 39% dan 42% gacha oshgan, yuqori yashillik darajasi esa 2022-yilda 15% ga yetib, 2024-yilda 11% gacha pasaygan. Bu natija tumanda o'simlik qoplami mavjud bo'lgan maydonlar ma'lum darajada kengayganini, biroq yuqori zichlikdagi yashil hududlar barqaror saqlanmaganini bildiradi.

Qiyosiy tahlil shuni ko'rsatdiki, Mirzo Ulug'bek tumanida yashil qoplama dinamikasi nisbatan barqaror, Yangihayot tumanida esa o'zgaruvchan xarakterga ega. Bu farq tumanlarning urbanizatsiya darajasi, yer qoplami tarkibi, qurilish jarayonlari, ochiq yer maydonlari va sug'orish sharoitlari bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Tadqiqot natijalari shahar yashil infratuzilmasini rejalashtirishda NDVI va GIS texnologiyalaridan foydalanish samarali ekanini ko'rsatdi. Kelgusida Mirzo Ulug'bek va Yangihayot tumanlarida yashil hududlarni saqlash, mavjud daraxtzor



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

va sug'oriladigan maydonlarni kengaytirish, yangi qurilish hududlarida yashil infratuzilmani majburiy rejalashtirish hamda NDVI monitoringini muntazam olib borish tavsiya etiladi. Bu chora-tadbirlar shahar mikroiklimini yaxshilash, issiqlik oroli ta'sirini kamaytirish va iqlim o'zgarishiga moslashuv imkoniyatlarini kuchaytirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, NASA SP-351.
2. Essaadia, B., et al. (2022). Application of remote sensing indices for vegetation monitoring and land cover assessment. *Heliyon*.
3. European Space Agency / Copernicus. (2024). *Sentinel-2 mission and data description*. Copernicus Data Space Ecosystem.
4. IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
5. Estoque, R. C., Murayama, Y., & Myint, S. W. (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of the Total Environment*, 577, 349–359. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.195>.
6. Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>.
7. Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150.
8. Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24.
9. Carlson, T. N., & Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3), 241–252.
10. Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503–510.
11. Jensen, J. R. (2015). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Pearson.
12. Chuvieco, E. (2020). *Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach*. CRC Press / Routledge.



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

13. Weng, Q. (2004). A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*, 25(10), 1999–2014.
14. Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 467–483.
15. Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: The role of green infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133.
16. Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (Eds.). (2017). *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*. Springer.
17. Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., et al. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850–853.
18. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.
19. Myint, S. W., Wentz, E. A., Brazel, A. J., & Quattrochi, D. A. (2013). The impact of distinct anthropogenic and vegetation features on urban warming. *Landscape Ecology*, 28, 959–978.
20. O'zgidromet. (2026). *2015–2025-yillar uchun Toshkent-Observatoriya meteostansiyasi bo'yicha meteorologik ma'lumot*. O'zbekiston Respublikasi Ekologiya va iqlim o'zgarishi milliy qo'mitasi huzuridagi Gidrometeorologiya xizmati agentligi.