



Integration of remote sensing and GIS for assessing environmental changes around waste landfills

Artikov G‘ulom Abduraxmonovich

Associate Professor, Department of Geomatics Engineering, Samarkand State
Technical University named after Mirzo Ulugbek, Candidate of Technical Sciences

E-mail: g.artikov@samdaqu.edu.uz

Nomozov Adham Almamat o‘g‘li

PhD Student, Samarkand State Technical University named after Mirzo Ulugbek

E-mail: nomozovadham84@xmail.ru

Abstract

This paper proposes a methodological framework for assessing environmental changes around waste landfills using remote sensing and GIS. It describes the preparation of Sentinel-2 spectral indices and Landsat 8/9 land surface temperature data, delineation of buffer rings, and selection of comparable control areas. The workflow accounts for background temporal variability and specifies indicator standardisation, AHP consistency checks, and sensitivity analysis. A composite environmental change index is proposed to prioritise field monitoring. This is a methodological study; imagery for a specific landfill has not been processed, and the predictive performance of the index has not yet been validated.

Keywords

waste landfill, remote sensing, GIS, control area, spectral index, land surface temperature, environmental monitoring.

**Chiqindi poligonlari atrofidagi ekologik o‘zgarishlarni baholashda masofadan
zondlash va GAT integratsiyasi**

Artikov G‘ulom Abduraxmonovich

Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat texnika universiteti,



“Geomatika muhandisligi” kafedrası dotsenti, t.f.n.

Nomozov Adham Almamat o‘g‘li

Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat texnika universiteti, (PhD) doktoranti

Annotatsiya

Maqolada chiqindi poligonlari atrofıdagi ekologik o‘zgarishlarni masofadan zondlash va geografik axborot tizimlari orqali baholash uchun metodik yondashuv taklif etiladi. Sentinel-2 spektral indekslari hamda Landsat 8/9 yer yuzasi harorati ma’lumotlarini tayyorlash, halqasimon buferlar va o‘xshash nazorat hududlarini tanlash tartibi bayon qilinadi. Vaqt bo‘yicha o‘zgarishlarni fon dinamikasiga nisbatan baholash, indikatorlarni standartlashtirish, AHP og‘irliklarining mosligini va natijalar sezgirligini tekshirish algoritmi beriladi. Kompleks ekologik o‘zgarish indeksi dala monitoringini ustuvorlashtirish vositasi sifatida talqin qilinadi. Ish metodik xususiyatga ega; aniq poligon bo‘yicha tasvirlar qayta ishlanmagan va indeksning amaliy aniqligi hali tekshirilmagan.

Kalit so‘zlar: chiqindi poligoni, masofadan zondlash, GAT, nazorat hududi, spektral indeks, yer yuzasi harorati, ekologik monitoring.

Интеграция дистанционного зондирования и ГИС при оценке экологических изменений вокруг полигонов отходов

Аннотация. Предложен методический подход к оценке экологических изменений вокруг полигонов отходов средствами дистанционного зондирования и ГИС. Описаны подготовка спектральных индексов Sentinel-2 и температуры поверхности Landsat 8/9, выделение кольцевых буферов и сопоставимых контрольных участков. Представлен алгоритм учета фоновой динамики, стандартизации индикаторов, проверки согласованности весов АНР и анализа чувствительности. Комплексный индекс рассматривается как инструмент определения приоритетов полевого мониторинга. Работа имеет методический



характер; обработка снимков конкретного полигона и эмпирическая проверка точности индекса не выполнены.

Ключевые слова: полигон отходов, дистанционное зондирование, ГИС, контрольный участок, спектральный индекс, температура поверхности, экологический мониторинг.

1 Kirish

Chiqindi poligonlari atrofida o'simlik qoplam, yer yuzasi namligi, ochiq tuproq maydoni va issiqlik rejimi o'zgarishi mumkin. Bunday o'zgarishlarni muntazam kuzatish dala tekshiruvlarini rejalashtirish va kadastr ma'lumotlarini yangilash uchun zarur. Sun'iy yo'ldosh kuzatuvlari hududiy qamrov va takroriylikni ta'minlaydi, biroq spektral anomaliya o'z-o'zidan ifloslanish yoki poligon ta'sirini isbotlamaydi.

Tadqiqotning maqsadi Sentinel-2 va Landsat 8/9 ma'lumotlarini GAT muhitida birlashtirib, poligon atrofidagi o'zgarishlarni nazorat hududi bilan solishtirish va dala monitoringi ustuvorligini belgilash uchun takror qo'llash mumkin bo'lgan metodik tartibni ishlab chiqishdir. Vazifalar ma'lumotlar sifatini nazorat qilish, indikatorlarni hisoblash, masofaviy va vaqt tahlilini tashkil etish, integral baholash hamda mustaqil tekshiruv mezonlarini belgilashdan iborat.

Ish adabiyotlar va texnik hujjatlar asosidagi metodik tadqiqotdir. Unda muayyan poligonning koordinatalari, kuzatuv sanalari, tasvirlar identifikatorlari yoki dala o'lchovlari taqdim etilmagan. Shu sababli natija sifatida ekologik holat haqidagi empirik xulosa emas, tekshirilishi zarur bo'lgan hisoblash va verifikatsiya protokoli keltiriladi.

2 Adabiyotlar tahlili va metodik masala

Karimi va hammualliflar [1] chiqindilarni joylashtirish bilan bog'liq sun'iy yo'ldosh tadqiqotlarini tizimli ko'rib chiqqan. Fraternali va hammualliflar [2] chiqindilarni aniqlash, xaritalash va monitoring qilish usullarini umumlashtirib, mavjud yondashuvlarni bir xil sharoitda solishtirish muammosini ko'rsatgan. Ushbu ishlar ko'p



manbali monitoringga asos bo'лади, ammo har bir mahalliy obyekt uchun dala tekshiruvini almashtirmaydi.

Sentinel-2 missiyasi vegetatsiya va yer qoplami tahlili uchun multispektral ma'lumot beradi [3]. Landsat kuzatuvlari esa termal komponentni qo'shish imkonini yaratadi [4]. Yalçinkaya va Doğan [5] poligonlarda haroratning fazoviy farqlarini tahlil qilgan. NDVI vegetatsiyani tavsiflashda [6], McFeeters NDWI indeksi esa ochiq suv yuzalarini ajratishda qo'llanadi [7]. NDMI asosan o'simlikdagi suv miqdoriga sezgir bo'lib, laboratoriyada o'lchangan tuproq namligi yoki filtrat konsentratsiyasining bevosita o'rnini bosa olmaydi [11].

Mazkur maqolaning metodik hissasi mavjud indekslarni yangi deb e'lon qilishdan iborat emas. Ularning fon bilan tuzatilgan vaqt o'zgarishlarini, masshtab cheklovlarini, ekspert og'irliklari tekshiruvini va mustaqil verifikatsiyani yagona ish tartibida bog'lash taklif qilinadi. Yondashuvning boshqa modellardan ustunligi amaliy taqqoslash orqali keyinchalik baholanishi kerak.

3 Materiallar va metodlar

3.1 Ma'lumotlar tarkibi va kuzatuv dizayni

Tadqiqot obyekti amaliy bosqichda poligonning tekshirilgan vektor chegarasi bilan belgilanadi. Har bir tasvir uchun sana, mahsulot identifikatori, qayta ishlash darajasi, sifat maskasi, proyeksiya va yaroqli piksel ulushi qayd etiladi. Taqqoslanadigan yillar uchun bir xil fenologik davr tanlanadi; mavsum ichida bir nechta sifatli kuzatuvdan median kompozit tuzish mumkin. Kuzatuvlar soni va kompozit sanalari ochiq ko'rsatilishi zarur.

1-jadval. Geofazoviy ma'lumotlar va ulardan foydalanish shartlari



Ma'lumot	Fazoviy xususiyat	Vazifa va sifat talabi
Sentinel-2 L2A	B2, B3, B4, B8 — 10 m; B11 — 20 m	Spektral indekslar; bulut, soya va yaroqsiz piksellar chiqariladi [9].
Landsat 8/9 Collection 2 Level-2	ST mahsuloti — 30 m; termal sensor — 100 m	Harorat; QA va ST noaniqligi tekshiriladi [10, 12].
Relyef modeli	SRTM yoki Copernicus DEM, tanlangan mahsulotga ko'ra	Qiyalik va yer usti oqimi; yer osti oqimini bevosita bermaydi.
Poligon va atrof obyektlar	GNSS yoki tekshirilgan vektor qatlam	Chegara, suv va aholi punktlari; sana va pozitsion aniqlik qayd etiladi.
Dron va dala kuzatuvlari	Parvoz va o'lchash protokoliga ko'ra	Mustaqil tekshiruv; ortofoto aniqligi, GNSS xatosi va namuna joylari hujjatlashtiriladi.

3.2 Dastlabki qayta ishlash

Sentinel-2 L2A qiymatlari mahsulot metama'lumotidagi masshtab va siljish yordamida sirt qaytaruvchanligiga aylantiriladi. Ayrim tayyor platformalarda tuzatish oldindan bajariladi; uni ikkinchi marta qo'llash mumkin emas. SCL yoki tegishli sifat qatlamlari orqali bulut, bulut soyasi, qor va yaroqsiz piksellar chiqariladi [9]. Landsat uchun QA_PIXEL va tegishli radiometrik hamda harorat sifati qatlamlari qo'llanadi.

Masofa va maydon hisoblari metr birlikdagi mos proyeksiyada bajariladi. B11 ishtirok etadigan spektral hisoblar uchun 10 m kanallar 20 m tarmoqqa agregatsiya qilinadi. Integral tahlilda optik va termal qatlamlar bir xil koordinata tizimi, qamrov va piksel boshlanishiga keltiriladi. Termal ma'lumotning cheklovini hisobga olib, dastlabki



ishchi variant sifatida 100 m umumiy tarmoq taklif etiladi; 30 m va 100 m natijalar sezgirlik tahlilida solishtiriladi. Qayta namunalash haqiqiy fazoviy aniqlikni oshirmaydi. Kichik poligonlarda yetarli mustaqil termal kuzatuv bo'lmasa, piksel darajasidagi KEOI o'rniga zonalar bo'yicha alohida indikatorlar beriladi.

3.3 Spektral indekslar va harorat

Quyidagi formulalarda B2, B3, B4, B8 va B11 — mos ravishda ko'k, yashil, qizil, yaqin infraqizil va qisqa to'liqlik infraqizil kanallarning sirt qaytaruvchanligi. Maxraj nol yoki nolga juda yaqin bo'lgan piksellar yaroqsiz deb belgilanadi.

$$NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4) \quad (1)$$

$$NDMI = (B8 - B11) / (B8 + B11) \quad (2)$$

$$NDWI = (B3 - B8) / (B3 + B8) \quad (3)$$

$$BSI = [(B11 + B4) - (B8 + B2)] / [(B11 + B4) + (B8 + B2)] \quad (4)$$

Landsat Collection 2 Level-2 ST_B10 mahsulotining xom butun sonli qiymatlari uchun harorat quyidagicha olinadi [10]:

$$LST (^{\circ}C) = DN \times 0.00341802 + 149.0 - 273.15 \quad (5)$$

Bu formula masshtablanmagan ST_B10 uchun qo'llanadi. Tayyor Kelvin yoki Selsiy ma'lumotiga uni qayta qo'llash xatoga olib keladi. Yer yuzasi harorati havo haroratidan farq qiladi; alohida issiq piksel yong'in yoki metan ajralishining bevosita dalili emas.

2-jadval. Indikatorlarning talqini va cheklovlari

Indikator	Kuzatiladigan belgi	Talqinda hisobga olinadigan omil
NDVI	Vegetatsiya faolligi o'zgarishi	Fenologiya, ekin almashinuvi, sug'orish va yalang'och tuproq.
NDMI	Vegetatsiyadagi suv holati	Tuproq namligi va ifloslanishni bevosita o'lchamaydi.



Indikator	Kuzatiladigan belgi	Talqinda hisobga olinadigan omil
NDWI	Ochiq suv yuzasi ehtimoli	Soya va qurilgan yuzalar bilan chalkashishi mumkin; filtrat tarkibini bermaydi.
BSI	Ochiq tuproq va qoplanmagan yuzalar	Qurilish, haydalgan yer va tabiiy ochiq tuproq ham yuqori qiymat berishi mumkin.
LST	Yer yuzasining termal holati	Kuzatuv vaqti, emissivlik, namlik, qoplama turi va sensor masshtabi.

3.4 Buferlar va nazorat hududi

Poligon tashqi chegarasidan 0–250, 250–500, 500–1000 va 1000–2000 m masofalarda bir-birini qoplamaydigan halqasimon zonalar yaratiladi. Poligonning o‘zi alohida zona hisoblanadi. Bu masofalar taklif etilgan analitik intervallar bo‘lib, sanitariya-himoya zonasi me‘yorlarini anglatmaydi. 2000 m dan tashqaridagi hudud avtomatik ravishda ta’sirdan xoli deb qabul qilinmaydi.

Nazorat maydonlari yer qoplami, tuproq, relyef, sug‘orish va meteorologik sharoit bo‘yicha taqqoslanadigan qilib tanlanadi; boshqa ifloslanish manbalari ham tekshiriladi. Shamol yo‘nalishi va yer usti oqimi bo‘yicha sektorlar masofaviy halqalarga qo‘shimcha tahlil sifatida ajratiladi. Yer osti suvlari uchun gidrogeologik ma’lumot zarur. Nazorat va ta’sir ehtimoli bor maydonlarda imkon qadar bir nechta takroriy uchastka olinadi.

Har bir zona va yer qoplami sinfi bo‘yicha median, kvartillar oralig‘i, o‘rtacha qiymat, yaroqli piksel soni va maydon ulushi hisoblanadi. Qisman kesishgan piksellar uchun maydon bo‘yicha og‘irliklash qo‘llanadi. Ma’lumot yetarli bo‘lmagan zonalar nol bilan to‘ldirilmaydi. Fazoviy bog‘langan piksellar mustaqil takroriy kuzatuv deb olinmaydi.

3.5 Vaqt o‘zgarishini fon bilan solishtirish



Bir xil mavsumdagi t_1 va t_2 davrlar uchun har bir j indikatorning o'zgarishi hisoblanadi. Nazorat hududi dinamikasini ayirish mintaqaviy fon o'zgarishini qisman hisobga olishga xizmat qiladi:

$$\Delta X_j(p) = X_j(p, t_2) - X_j(p, t_1) \quad (6)$$

$$D_j(p) = \Delta X_j(p) - \text{median}[\Delta X_j(C)] \quad (7)$$

Bu yerda p — tahlil katagi yoki uchastkasi; C — unga mos yer qoplamasi sinfidagi nazorat uchastkalari. D_j poligon atrofidagi o'zgarishning nazoratdagi o'zgarishdan farqini bildiradi. Bu farq sababiy ta'sirni avtomatik isbotlamaydi. Poligon faoliyati boshlanishidan oldingi qator bo'lmasa, uni to'liq ta'sirdan oldingi va keyingi tajriba sifatida talqin qilish mumkin emas. Yog'in, sug'orish va yer foydalanishidagi o'zgarishlar alohida qayd etiladi.

3.6 Kompleks indeks va og'irliklarni aniqlash

Dastlabki KEOI varianti quruqlashish, vegetatsiya kamayishi, ochiq yuzalar kengayishi va isish bilan mos keluvchi o'zgarishlarni birlashtirish uchun taklif etiladi. Turli birliklarni moslashtirishda nazorat uchastkalaridagi vaqt farqlarining standart og'ishi s_j olinadi:

$$Z_j(p) = D_j(p) / s_j \quad (8)$$

$$\text{KEOI} = w_1 \text{ZLST} + w_2 \text{ZBSI} - w_3 \text{ZNDVI} - w_4 \text{ZNDMI} \quad (9)$$

$$w_j \geq 0; \quad w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1 \quad (10)$$

s_j — nazoratdagi ΔX_j qiymatlarining standart og'ishi; u tegishli yer qoplamasi sinfi va belgilangan davrlar asosida baholanadi. U nolga yaqin yoki ishonchsiz bo'lsa, shu guruh uchun integral indeks hisoblanmaydi. Keyingi davrlarni solishtirishda kalibrlash to'plami va masshtab parametrlari saqlanadi. Indeks o'lchovsiz va chegaralanmagan; uning qiymati ifloslanish konsentratsiyasi yoki ehtimoli emas.

KEOI ning musbat qiymati nazorat foniga nisbatan tanlangan yo'nalishdagi o'zgarishlarning ustunligini bildiradi. Manfiy yoki past qiymat hudud xavfsiz ekanini isbotlamaydi: filtrat to'planishi kabi namlanish jarayonlari NDMI ni oshirishi mumkin.



Shu sababli NDWI hamda kuchli musbat NDMI anomalialari alohida namlanish qatlami sifatida tekshiriladi. Qarama-qarshi indikatorlar yig'indida bir-birini qoplashi mumkinligi uchun KEOI har doim komponent xaritalari bilan birga beriladi.

Og'irliklar AHP orqali belgilansa, 1–9 shkaladagi 4×4 juft taqqoslash matritsasi, ekspertlarni tanlash mezonini va har bir yakuniy og'irlik ochiq beriladi [8]. Matritsaning bosh xos vektori normallashtiriladi. Moslik tekshiruvini quyidagicha bajariladi:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1); \quad CR = CI / RI; \quad n = 4 \quad (11)$$

To'rtta mezon uchun odatiy $RI = 0,90$ olinadi; $CR \leq 0,10$ mezonini qabul qilinadi. Moslik yetarli bo'lmasa, ekspert baholari qayta ko'riladi. Ushbu maqolada ekspert so'rovi bajarilmaganligi sababli AHP vaznlari hisoblangan natija sifatida berilmaydi. Teng og'irliklar (har biri 0,25) faqat kelgusi sinovlar uchun boshlang'ich taqqoslash varianti hisoblanadi.

Sezgirlik sinovida har bir og'irlik, masalan, ± 20 foizga o'zgartirilib, yig'indi qayta birga keltiriladi. Bu diapazon taklif etilgan sinov parametri, empirik natija emas. Hududlar reytingi va ustuvor zona maydonining o'zgarishi qayd etiladi. NDVI, NDMI va BSI o'rtasidagi korrelatsiya tekshiriladi; kuchli bog'langan indikatorlar bir xil jarayonni takroran hisobga olishi mumkin. Bunday holatda ayrim indikatorni chiqarib tashlash varianti ham solishtiriladi.

Dala asosida kalibrlangan chegaralar bo'lmaguncha besh kvantil sinfi faqat nisbiy monitoring ustuvorligi sifatida nomlanadi. Har bir davrda kvantillarni qayta hisoblash vaqt taqqoslashini buzishi mumkin; dinamik tahlilda bazaviy chegaralar saqlanadi. "Juda yuqori ustuvorlik" iborasi sanitariya xavfi me'yori buzilganini anglatmaydi.

3-jadval. Metodik jarayon va nazorat qilinadigan natijalar



Bosqich	Amal	Qayd etiladigan mahsulot
1 Tanlash	Obyekt, davr, nazorat uchastkalari	Chegara, tasvirlar reyestri, tanlash mezonlari.
2 Tayyorlash	Sifat maskasi, masshtab va tarmoqni moslash	Yaroqli qamrov, proyeksiya, qayta namunalash usuli.
3 Hisoblash	NDVI, NDMI, NDWI, BSI va LST	Formulalar, birliklar va indikator rasterlari.
4 Solishtirish	Halqalar, sektorlar, fon bilan tuzatilgan farq	Zona statistikasi va D _j xaritalari.
5 Birlashtirish	Standartlashtirish, AHP va sezgirlik	s _j , og'irliklar, CR, KEOI va barqarorlik tahlili.
6 Tekshirish	Mustaqil dala kuzatuvlari	Xatolik ko'rsatkichlari va foydalanish chegaralari.

3.7 Mustaqil verifikatsiya

Dala uchastkalari masofa, yer qoplamasi va taxminiy anomaliya darajasi bo'yicha tabaqalashtiriladi. Namuna soni kutiladigan o'zgaruvchanlik, aniqlik talabi va resurslarga qarab oldindan asoslanadi. Indeksni sozlashga ishlatilgan nuqtalar yakuniy mustaqil tekshiruv to'plamiga kiritilmaydi. Harorat o'lchovlari sun'iy yo'ldosh o'tish vaqtiga imkon qadar yaqin bajariladi; nuqtaviy o'lchov bilan katta pikselning maydon o'rtachasi o'rtasidagi farq hisobga olinadi.

4-jadval. Verifikatsiya ma'lumotlari va baholash mezonlari



Tekshiriladigan qatlam	Mustaqil ma'lumot	Baholash mezonlari
NDVI va yer qoplami	Dala qoplama bahosi, dron ortofotosi	Bog'lanish tahlili; sinflangan xarita uchun xatolik matritsasi.
NDMI va NDWI	Vegetatsiya holati, namlik o'lchovi, suv konturi	Moslik va xatolik; laboratoriya ifloslanishi alohida tekshiriladi.
BSI	Dala yoki dronda ochiq yuza ulushi	Sinflar bo'yicha aniqlik va chalkashishlar.
LST	Vaqt va emissivligi qayd etilgan sirt harorati	Moslashtirilgan kuzatuvlar bo'yicha MAE, RMSE va sistematik og'ish.
KEOI	Mustaqil ekologik kuzatuv va laboratoriya natijalari	Reyting mosligi; oldindan belgilangan hodisa uchun aniqlash samaradorligi.

Tuproq, suv va gaz o'lchovlari turli fizik kattaliklarni ifodalaydi; ularning barchasini bitta umumiy "haqiqat qiymati"ga asossiz birlashtirish mumkin emas. KEOI bilan bog'lanish har bir natija turi bo'yicha alohida baholanadi. Maydonlar o'rtasidagi bog'liqlikni hisobga olish uchun fazoviy bloklar bo'yicha qayta tanlash orqali ishonch oralig'ini baholash tavsiya etiladi. GNSS asosan joylashuvni tekshiradi, kimyoviy ifloslanishni tasdiqlamaydi.

4 Metodik natijalar va muhokama

Ishning asosiy natijasi ma'lumot tanlashdan mustaqil dala tekshiruvigacha bo'lgan izchil protokoldir. 1-jadval kirish ma'lumotlari va fazoviy cheklavlarni, 2-jadval indikatorlarning talqin chegaralarini, 3-jadval takror qo'llash uchun qayd etiladigan mahsulotlarni, 4-jadval esa verifikatsiya mezonlarini jamlaydi. Fon bilan tuzatilgan farq



va yoʻnalishi aniqlangan indeks formulalari dastlabki umumiy integratsiya gʻoyasini tekshiriladigan hisoblash tartibiga aylantiradi.

Masalan, bir uchastkada nazoratga nisbatan NDVI pasayishi, BSI va LST ortishi birgalikda kuzatilsa, u dala tekshiruvda ustuvor boʻlishi mumkin. Bu sifat jihatidagi ssenariy boʻlib, mazkur maqolada kuzatilgan natija emas. Uning sababi chiqindi taʼsiri bilan birga qurilish, ekin yigʻimi, sugʻorishdagi uzilish yoki boshqa jarayon boʻlishi mumkin. Namlanish anomaliyasi esa quruqlashishga yoʻnaltirilgan KEOI past boʻlganda ham alohida tekshiriladi.

Yondashuvning amaliy foydasi cheklangan dala resurslarini qayerga yoʻnaltirishni asoslash va kuzatuvlar tarixini GAT bazasida saqlashdir. Bazada obyekt identifikatori, chegara versiyasi, sana, sensor, sifat maskasi, indikatorlar, nazorat maydoni, kalibrlash parametrlari va tekshiruv holati saqlanadi. Ushbu qatlamlar texnogen xavfi yuqori hududlar kadastri uchun yordamchi monitoring axboroti boʻlishi mumkin; masofadan olingan indeksning oʻzi rasmiy xavf toifasini belgilash uchun yetarli emas.

Asosiy cheklovlar bulutlilik, tasvirlar sanasining mos kelmasligi, termal sensorning yirik fazoviy masshtabi, aralash piksellar, yer qoplami farqlari va ekspert ogʻirliklarining subyektivligidir. Ushbu maqolada tasvirlar qayta ishlanmagani, AHP matritsasi toʻldirilmagani va dala maʼlumotlari yoʻqligi sababli KEOI ning aniqligi, hududlar maydoni yoki usulning ustunligi haqida sonli xulosa chiqarilmaydi. Keyingi empirik tadqiqotda teng ogʻirlikli, AHP asosidagi va alohida indikatorli variantlar bir xil mustaqil maʼlumotlarda solishtirilishi kerak.

5 Xulosa

Chiqindi poligonlari atrofidagi ekologik oʻzgarishlarni baholash uchun spektral va termal kuzatuvlarni fon nazorati, halqasimon zonalar va dala verifikatsiyasi bilan birlashtiruvchi metodik protokol taklif etildi. Yondashuv oʻzgarishlarni aniqlash va keyingi tekshiruv ustuvorligini belgilashga qaratilgan.



Ma'lumotlarning haqiqiy fazoviy aniqligi, bir xil mavsumni tanlash, sifat maskalari va nazorat uchastkalarining taqqoslanuvchanligi hisoblashning zarur shartlari sifatida belgilandi. KEOI uchun standartlashtirish va og'irliklash tartibi berildi; uning barcha ekologik xavflarni qamramasligi va namlanish anomaliyalarini alohida ko'rib chiqish zarurligi ko'rsatildi.

Taklifning amaliy ishonchliligi muayyan poligon bo'yicha ko'p davrli tasvirlar, hujjatlashtirilgan ekspert baholari va mustaqil dala natijalari bilan sinovdan o'tkazilgandan keyin baholanadi. Shu bosqichgacha maqola metodik asos sifatida foydalanishga mo'ljallangan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimi N., Ng K.T.W., Mahmud T.S., Adusei K.K., Kerr S. A Systematic Review of the Latest Research Trends on the Use of Satellite Imagery in Solid Waste Disposal Applications from 2012 to 2021 // *Environments*. – 2023. – Vol. 10, No. 7. – Article 128. DOI: 10.3390/environments10070128.
2. Fraternali P., Morandini L., Herrera González S.L. Solid waste detection, monitoring and mapping in remote sensing images: A survey // *Waste Management*. – 2024. – Vol. 189. – P. 88–102. DOI: 10.1016/j.wasman.2024.08.003.
3. Drusch M., Del Bello U., Carlier S. et al. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services // *Remote Sensing of Environment*. – 2012. – Vol. 120. – P. 25–36. DOI: 10.1016/j.rse.2011.11.026.
4. Roy D.P., Wulder M.A., Loveland T.R. et al. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research // *Remote Sensing of Environment*. – 2014. – Vol. 145. – P. 154–172. DOI: 10.1016/j.rse.2014.02.001.
5. Yalçınkaya S., Doğan F. Investigation of land surface temperature heterogeneity in municipal landfills by satellite images // *Environmental Research and Technology*. – 2023. – Vol. 6, No. 4. – P. 359–370. DOI: 10.35208/ert.1353244.



6. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. – 1979. – Vol. 8, No. 2. – P. 127–150. DOI: 10.1016/0034-4257(79)90013-0.

7. McFeeters S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features // International Journal of Remote Sensing. – 1996. – Vol. 17, No. 7. – P. 1425–1432. DOI: 10.1080/01431169608948714.

8. Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process // International Journal of Services Sciences. – 2008. – Vol. 1, No. 1. – P. 83–98. DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.

9. Copernicus. S2 Products. SentiWiki. Sentinel-2 mahsulotlari va qaytaruvchanlikni hisoblash bo'yicha texnik hujjat. <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-products>

10. USGS. How do I use a scale factor with Landsat Level-2 science products? <https://www.usgs.gov/faqs/how-do-i-use-a-scale-factor-landsat-level-2-science-products>

11. USGS. Normalized Difference Moisture Index. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/normalized-difference-moisture-index>

12. USGS. What are the band designations for the Landsat satellites? <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites>