KON SANOATI HUDUDLARINING EKOLOGIK HOLATINI INTELLEKTUAL BAHOLASH UCHUN KO‘P O‘LCHOVLI MONITORING MA’LUMOTLARINING FORMAL MODELI

Hudayberdiyev Mirzaakbar Khakkulmirzayevich[1], Nurmuhamedov Tolaniddin Ramziddinovich[2], Khalmedova Lola Abdukadirovna[3], Nosir Shukurov[4]

[1]Professor, Muxammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiti
E-mail: mirzaakbarhh@gmail.com
[2]Professor, Toshkent davlat transport universiteti,
[3]Assistant, Toshkent davlat transport universiteti, E-mail: xalmedovalola@gmail.com
[4]Professor, Geologiya va geofizika institute

KEYWORDS

ekologik monitoring, kon sanoati, ekologik indikator, ko‘p o‘lchovli ma’lumotlar, formal model, Min-Max normallashtirish, Evklid masofasi, o‘quv tanlanma, kombinatorik optimallashtirish, intellektual tahlil

ABSTRACT

Ushbu maqolada kon sanoati hududlarining ekologik holatini intellektual baholashda foydalaniladigan ekologik monitoring ma’lumotlarining formal-matematik modeli ishlab chiqilgan. Tadqiqotda ekologik monitoring natijalari ko‘p o‘lchovli kuzatuv obyektlari, ekologik indikatorlar to‘plami va ma’lumotlar matritsasi ko‘rinishida formal tavsiflangan. Turli o‘lchov birliklariga ega indikatorlarni yagona o‘lchov oralig‘iga keltirish uchun Min-Max normallashtirish mexanizmi qo‘llanilgan. Monitoring obyektlari o‘rtasidagi o‘xshashlikni aniqlash maqsadida Evklid masofasi va o‘quv tanlanma shakllantirilgan. Indikatorlar sonining ortishi bilan yuzaga keladigan kombinatorik murakkablik matematik jihatdan ifodalangan. Taklif etilgan formal model ekologik monitoring ma’lumotlarini keyingi bosqichlarda klasterlash, indikatorlarning informativligini aniqlash, ekologik xavfni baholash va qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash uchun yagona matematik asos yaratadi. Modelning amaliy qo‘llanilishi Olmaliq va Angren sanoat hududlariga oid ekologik monitoring ma’lumotlari asosida ko‘rib chiqilgan.

Kirish

Kon sanoati hududlarida ishlab chiqarish jarayonlarining atrof-muhitga ta’sirini baholash ko‘p sonli fizik-kimyoviy va biologik indikatorlarni birgalikda tahlil qilishni talab qiladi. Bunday monitoring tizimlarida og‘ir metallar konsentratsiyasi, tuproqning fizik-kimyoviy xususiyatlari hamda biologik faollikni tavsiflovchi ko‘rsatkichlar bir vaqtning o‘zida kuzatiladi. Masalan, Olmaliq sanoat hududi bo‘yicha tadqiqotlarda As, Zn, Pb, Cd va Cu kabi og‘ir metallar bilan bir qatorda tuproq namligi, organik uglerod, umumiy eruvchan azot, pH, elektr o‘tkazuvchanlik, Ca, K va Na kabi parametrlar ham o‘rganilgan [2,8,10].

Mavjud tadqiqotlarda ekologik monitoring ma’lumotlarini statistik tahlil qilish, xususan, ANOVA va korrelyatsion tahlil yordamida indikatorlar o‘rtasidagi bog‘liqliklarni aniqlashga katta e’tibor qaratilgan. Olmaliq sanoat hududi bo‘yicha tadqiqotlarda tuproqning biologik komponentlari va ifloslantiruvchi moddalar o‘rtasidagi bog‘liqliklar ham aniqlangan. Biroq ko‘p o‘lchovli monitoring ma’lumotlarini keyingi intellektual tahlil uchun yagona formal-matematik tuzilma ko‘rinishida ifodalash masalasi alohida yondashuvni talab qiladi. Ekologik indikatorlarning turli o‘lchov birliklarida berilishi, indikatorlar sonining ko‘pligi, ular orasidagi korrelyatsiya va ortiqcha atributlarning mavjudligi intellektual tahlil algoritmlarining samaradorligiga ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli monitoring ma’lumotlarini dastlab formal tavsiflash, normallashtirish, obyektlar o‘rtasidagi o‘xshashlikni aniqlash va keyingi

optimallashtirish jarayonlari uchun matematik asos yaratish muhim hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi, kon sanoati hududlarining ekologik holatini intellektual baholashga yo‘naltirilgan ko‘p o‘lchovli monitoring ma’lumotlarining formal modelini ishlab chiqishdan iborat.

Ekologik monitoring obyektlarining formal modeli

Ekologik monitoring jarayonida har bir kuzatuv nuqtasi m ta ekologik indikator bilan tavsiflanadigan ko‘p o‘lchovli obyekt sifatida qaraladi. Ushbu ishda monitoring obyektlari to‘plami quyidagicha ifodalanadi [1,2]:

$$X = \{x_i \mid i = 12 \dots n\},$$

bunda n- monitoring obyektlari soni, x_i- i-monitoring obyektining indikatorlar vektori.

Har bir x_i obyektning indikatorlar vektori quyidagicha ko’rinishda ifodalanadi:

$$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}),$$

bu yerda m-ekologik indikatorlar soni, x_{ij} esa i-obyektning j-indikator bo‘yicha qiymatini bildiradi.

Ekologik indikatorlar to‘plami quyidagi shaklda belgilab olindi:

$$A = \{a_j \mid j = 12 \dots m\}.$$

Amaliyotdan olingan real ma’lumotlar nuqtayi nazaridan ushbu indikatorlarga og‘ir metallar va tuproqning fizik-kimyoviy xususiyatlari kiritilishi mumkin. Mavjud Almalyk tog’-kon sanoati xududlaridan to‘plangan ma’lumotlarda As, Zn, Pb, Cd, Cu, SM, Corg, TSN, pH, EC, Ca, K va Na kabi indikatorlar mavjudligi manbaalarda ko‘rsatilgan [8,11,13].

Ekologik monitoring ma’lumotlarining o‘quv tanlanma sifatida shallantirish

Monitoring ma’lumotlarini yagona matematik tuzilma sifatida quyidagi matritsa orqali ifodalaymiz:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}.$$

bu yerda x_{ij}- i-monitoring obyektining j-indikator bo‘yicha qiymati.

Mazkur matritsa ekologik monitoringning asosiy matematik ma’lumotlar modeli bo‘lib, keyingi normallashtirish, masofa hisoblash, klasterlash va optimallashtirish algoritmlarining kirish ma’lumotlari sifatida ishlatiladi.

Ma’lumotlarni normallashtirish va indikatorlar fazosida konbinatsiyalangan qism to‘lamlar

Ekologik indikatorlarning o‘lchov birliklari turlicha bo‘lishi mumkin. Masalan, *pH*, tuproq namligi, og‘ir metallar konsentratsiyasi va elektr o‘tkazuvchanlik turli diapazonlarda ifodalanadi. Shu sababli ularni masofa asosidagi algoritmlarga bevosita kiritish ayrim indikatorlarning natijaga haddan tashqari ta’sir ko‘rsatishiga olib kelishi mumkin [4,5]. Shu sababli tadqiqot ishida Min-Max normallashtirishdan foydalanish maqsadga muvofiq:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}},$$

bu yerda x_j^{min} va x_j^{max}- j-indikatorning mos ravishda minimal va maksimal qiymatlari hamda natijada: $0 \le z_{ij} \le 1$.

Monitoring tizimida indikatorlar sonining ortishi ularning mumkin bo‘lgan kombinatsiyalari sonining eksponensial o‘sishiga olib keladi. m ta indikator mavjud bo‘lsa, barcha bo‘sh bo‘lmagan indikatorlar kombinatsiyalari soni quyidagi formula orqali aniqlanadi [1,7]: $N_c = 2^m - 1$. Shu sababli ekologik indikatorlarning optimal kombinatsiyasini izlash kombinatorik optimallashtirish masalasi sifatida qaraladi.

Monitoring obyektlari o‘rtasidagi masofa va qiyosiy taxlili

Normallashtirilgan ma’lumotlar fazosida monitoring obyektlari o‘rtasidagi o‘xshashlikni

aniqlash uchun Evklid masofasidan foydalanamiz [5,6]:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{r=1}^{m} (z_{ir} - z_{jr})^2},$$

bu yerda d_{ij}- i va j monitoring obyektlari orasidagi masofa.

Masofa qiymatining kichik bo‘lishi obyektlarning indikatorlar fazosidagi o‘xshashligini, katta bo‘lishi esa ekologik xususiyatlarining farqliligini bildiradi. Mazkur masofa keyingi klasterlash algoritmlarida ekologik jihatdan o‘xshash monitoring obyektlarini guruhlash uchun ishlatiladi. Masofa asosida o‘quv tanlanma quyidagi shaklida hosil qilinadi:

$$R = \{r_{ij}\}_{n \times n}.$$

Oddiy eksponensial o‘xshashlik funksiyasi sifatida quyida keltirilgan ifodasidan foydalanish mumkin:

$$r_{ij} = exp\left(-\frac{d_{ij}^2}{2\sigma^2}\right).$$

bu yerda σ- o‘xshashlik funksiyasining kenglik parametridir.

Natijada R matritsasi monitoring obyektlari o‘rtasidagi strukturaviy yaqinlikni ifodalovchi matematik obyektga aylanadi. Keyingi bosqichda ushbu o‘quv tanlanma matritsadan Spectral Clustering kabi algoritmlarda foydalanish mumkin.

Taklif etilayotgan umumlashtirilgan formal model

Yuqoridagi elementlarni yagona modelga birlashtirib, ekologik monitoring ma’lumotlarini quyidagi ko‘rinishida ifodalash mumkin:

$$\mathcal{M} = (X, A, Z, R, Y),$$

bu yerda, X- monitoring obyektlari to‘plami, A- ekologik indikatorlar to‘plami, Z- normallashtirilgan monitoring ma’lumotlari, R- obyektlar o‘rtasidagi o‘xshashlik matritsasi yoki o‘quv tanlanma, Y- ekologik risk ko‘rsatkichlari to‘plami.

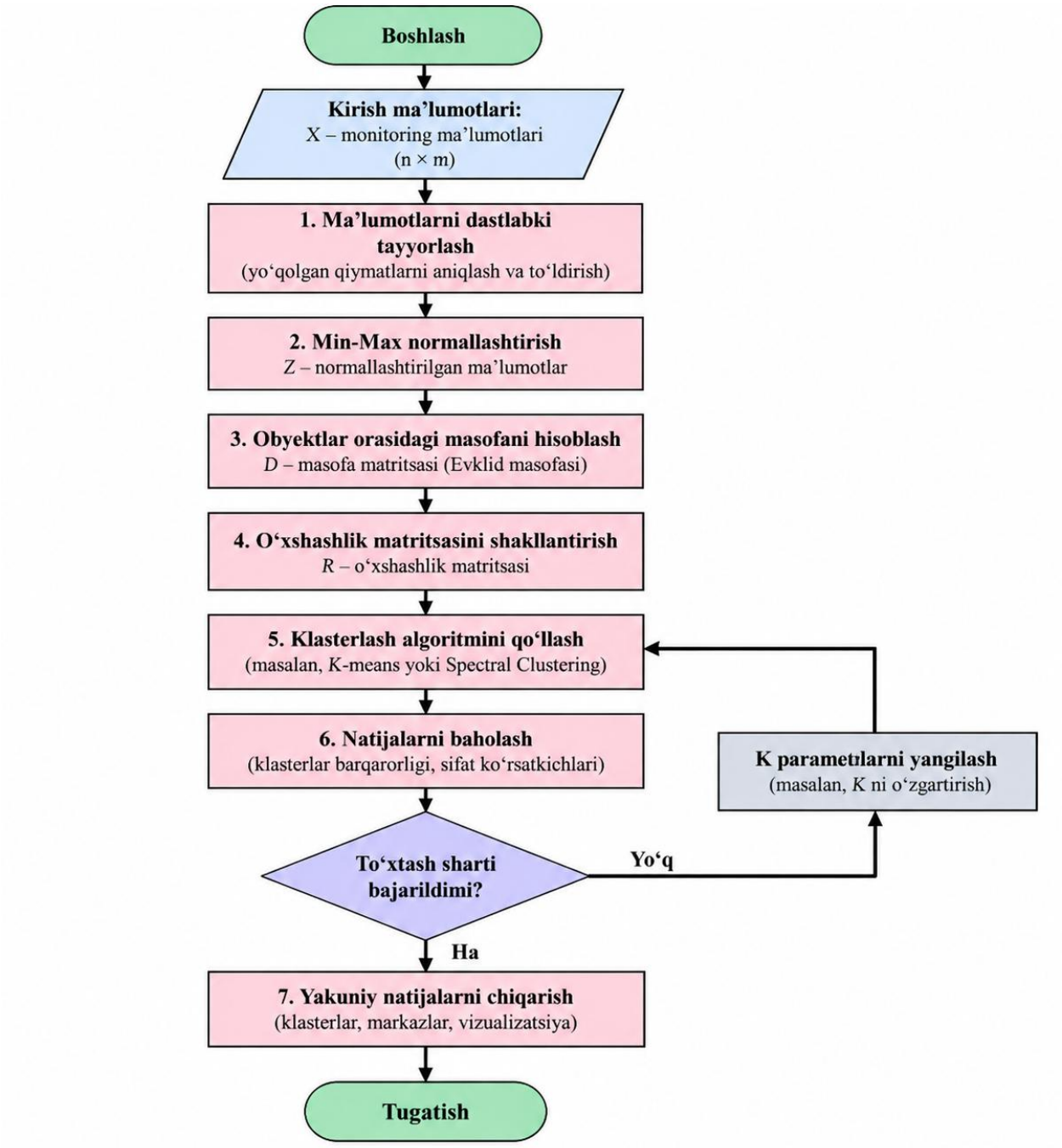
Shunday qilib, taklif qilinayotgan model monitoring ma’lumotlarini dastlabki kuzatuv bosqichidan intellektual tahlil bosqichigacha yagona matematik tuzilma sifatida ifodalash imkonini beradi.

Algoritm

Taklif etilgan formal model asosida ekologik monitoring ma’lumotlarini tayyorlash algoritmi quyidagi ketma-ketlikda tashkil etiladi.

1-qadam. Monitoring obyektlari va ekologik indikatorlar to‘plamini shakllantirish.
2-qadam. Dastlabki monitoring ma’lumotlarini X matritsasiga keltirish.
3-qadam. Yetishmayotgan yoki noto‘g‘ri qiymatlarni aniqlash va ma’lumotlarni dastlabki ishlov berish.
4-qadam. Har bir indikator uchun $x_j^{\min}$ va $x_j^{\max}$ qiymatlarini aniqlash.
5-qadam. Min-Max normallashtirish orqali Z matritsasini hosil qilish.
6-qadam. Barcha monitoring obyektlari juftliklari uchun Evklid masofasini hisoblash.
7-qadam. Masofalar asosida R o‘quv tanlanma matritsasini shakllantirish.
8-qadam. Indikatorlar kombinatsiyalari uchun kombinatorik qidiruv fazosini shakllantirish.
9-qadam. Tayyorlangan ma’lumotlarni klasterlash, informativ indikatorlarni tanlash va ekologik xavfni baholash algoritmlariga uzatish.

Mazkur algoritmning blok-sxemasi quyida keltirilgan:



1-rasm. Ekologik monitoring ma'lumotlarini tayyorlash algoritmi

Real ma'lumotlar asosidagi sinov tajribasini tashkil etish

Eksperimental qismda Olmaliq va Angren kon-metallurgiya hududlariga oid mavjud ekologik monitoring ma'lumotlaridan foydalanish taklif etiladi. Ushbu ma'lumotlar tarkibida tuproq namligi, organik uglerod, umumiy eruvchan azot, pH, elektr o'tkazuvchanlik, Ca, K, Na hamda As, Zn, Pb, Cd va Cu kabi indikatorlar mavjud. Bundan tashqari, biologik holatni tavsiflovchi Cmic, BR, TNem va qCO_2 kabi ko'rsatkichlar ham mavjudligi manbalarda ko'rsatilgan [10,14,15].

Eksperimentning birinchi bosqichida fizik-kimyoviy indikatorlar kirish fazosini shakllantiradi. Ikkinchi bosqichda barcha indikatorlar Min-Max usuli yordamida normallashtiriladi. Uchinchi bosqichda monitoring obyektlari orasidagi masofalar va o'xshashliklar aniqlanadi. Bunda eksperimentning maqsadi modelning keyingi klasterlash va indikatorlarni tanlash algoritmlari uchun

matematik jihatdan tayyor ma’lumotlar fazosini yaratishdan iborat.

Muhim jihat, mavjud manbada Olmaliq hududi bo‘yicha monitoring nuqtalari ifloslanish manbasidan 0, 5, 10 va 15 km masofadagi transekt bo‘yicha tavsiflangan. Shuningdek, ayrim biologik va tuproq indikatorlarida hudud va tuproq chuqurligi bo‘yicha sezilarli farqlar aniqlangan.

Natijalar va muhokama

Taklif etilgan modelning asosiy natijasi ekologik monitoring ma’lumotlarini keyingi intellektual tahlil uchun yagona formal fazoga keltirish imkoniyatidir. Birinchidan, monitoring obyektlarini m-o‘lchovli vektorlar sifatida ifodalash turli ekologik ko‘rsatkichlarni yagona matematik modelga birlashtirish imkonini beradi. Ikkinchidan, Min-Max normallashtirish indikatorlarning o‘lchov birliklari va diapazonlari o‘rtasidagi farqni kamaytiradi hamda masofa asosidagi tahlil uchun umumiy $[0, 1]$ fazoni shakllantiradi. Bu ayniqsa og‘ir metall konsentratsiyasi, pH, namlik va elektr o‘tkazuvchanlik kabi o‘lchovlari turlicha bo‘lgan indikatorlar bilan ishlashda muhimdir. Uchinchidan, kombinatorik model indikatorlarning barcha mumkin bo‘lgan kombinatsiyalarini baholashning hisoblash murakkabligini ochib beradi. Masalan, 13 ta indikator uchun 8191 ta bo‘sh bo‘lmagan kombinatsiya mavjud bo‘lishi mumkin. Shu sababli barcha kombinatsiyalarni to‘liq tekshirish o‘rniga informativ indikatorlarni tanlashning optimallashtirilgan algoritmini ishlab chiqish zarur. To‘rtinchidan, masofa va o‘xshashlik matritsalari ekologik holati yaqin monitoring obyektlarini aniqlash uchun matematik asos yaratadi. Mavjud ekologik tadqiqotlarda ham ifloslanish darajasi bilan tuproq biologik faoliyati o‘rtasida sezilarli bog‘liqliklar aniqlangan. Jumladan, mikrob biomassasi va CO_2 evolyutsiyasi ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining kamayishi bilan ortishi qayd etilgan. Demak, taklif qilinayotgan model faqat ma’lumotlarni matematik ko‘rinishga keltirish bilan cheklanmaydi, balki keyingi intellektual tahlil uchun yagona kirish fazosini yaratadi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda kon sanoati hududlarining ekologik holatini intellektual baholash uchun ko‘p o‘lchovli ekologik monitoring ma’lumotlarining formal-matematik modeli ishlab chiqildi. Monitoring obyektlari ko‘p o‘lchovli vektorlar, ekologik indikatorlar esa xususiyatlar to‘plami sifatida ifodalandi. Monitoring ma’lumotlarining matritsali modeli shakllantirilib, turli o‘lchov birliklariga ega indikatorlarni yagona $[0, 1]$ intervaliga keltirish uchun Min-Max normallashtirish qo‘llandi. Ekologik monitoring obyektlari o‘rtasidagi farqni aniqlash uchun Evklid masofasi, obyektlarning o‘xshashligini ifodalash uchun esa o‘xshashlik matritsasi shakllantirildi. Indikatorlar sonining ortishi bilan yuzaga keladigan kombinatorik murakkablikni hisobga olgan holda, barcha mumkin bo‘lgan kombinatsiyalarni tekshirish o‘rniga informativ indikatorlarni tanlash masalasining dolzarbligi asoslandi.

Mavjud Olmaliq sanoat hududiga oid ma’lumotlar tarkibidagi og‘ir metallar, tuproqning fizik-kimyoviy va biologik indikatorlari taklif etilgan modelni amaliy sinovdan o‘tkazish uchun mos ma’lumotlar bazasini shakllantiradi. Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarda ekologik indikatorlar va tuproq biologik faolligi o‘rtasida statistik bog‘liqliklar aniqlanganligi taklif etilayotgan modelning keyingi intellektual tahlil bosqichlari uchun amaliy ahamiyatini kuchaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro’yhati

1. Xudayberdiyev M.X, To‘xtasinova R.G., Tojiboyev B.M., Ravshanov A.A.. Klasterizatsiyada o‘qitishni optimallashtirish: ketma-ketlik limiti yondashuvi. “Raqamli transformatsiyaning keyingi to‘lqini: Sun’iy intelekt, zamonaviy telekommunikatsiyalar, kiberxavfsizlik va barqaror innovatsiyalar” Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. Qarshi-2026, 20-21 may, 8-14 b.
2. Nurmuhamedov T.R., Xudayberdiyev M.X., Xalmedova L.A. //International coference of integrated science: International multidisciplinary scientific-theoretical conference. Volume 1, Issue 4 2026, 43-47 Pp.

3. M.Kh. Khudayberdiev., Kh.M.Muraeva, A.Sh. Khamroev, Applying to the algorithm of calculating estimates for clustering problems, “Кимёвий технология. Назорат ва бошкарув” Халқаро илмий - техникавий журнал, 6(108)/2022. –B. 16-22.
4. Xudayberdiyev M.X., Tojiboyev B.M., Achilov B.S., Alimqulov N.M., Ravshanov A.A. Integrating fractal dimension and time series analysis for optimized hyperspectral image classification // Advanced Computing: An International Journal (ACIJ), Vol.16, No.4, July 2025, pp.1-20.
5. M.Kh. Khudayberdiev., A.Sh. Khamroev., Kh.M.Muraeva, A review for different approaches of tomato leaf disease detection, “DIGITAL TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: PROBLEMS, INNOVATIONS AND TRENDS” 1st international scientific - practical conference, Tashkent-2025. – P.274-277.
6. Tojiboyev B.M., Xudayberdiyev M.X., To‘xtasinova R.G‘. Qismiy presedent tamoyillari asosida yer yuzasi tasvirlarini qayta ishlash algoritmlari [Algorithms for processing land-surface images based on partial precedent principles] // O‘zbekiston milliy axborot agentligi – O‘zA ilm-fan bo‘limi “Elektron jurnal”. Ilmiy nashr 2023 yil sentyabr soni №09 (47), 214-219 b.
7. Xudayberdiyev M.X., Tojiboyev B.M., Samadova F.K. Algorithms for feature extraction and optimisation of object recognition operator // Shemical Technology Control and Management. – Tashkent, 2025. – Vol. 122, Issue 2. – Pp. 46-54.
8. Shukurov N., Pen-Mouratov S., Steinberger Y. The impact of the Almalyk Industrial Complex on soil chemical and biological properties// Environmental Pollution 136 (2005) 331-340. www.elsevier.com/locate/envpol
9. Pen-Mouratov, S., Shukurov, N., and Steinberger, Y. Influence of industrial heavy metal pollution on soil free-living nematode population // Environmental Pollution, 152 (2008) 172-183 https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.05.007
10. Shukurov N., Pen-Mouratov S., Steinberger Y., Kersten M. Soil biogeochemical properties of Angren industrial area, Uzbekistan // J. Soils & Sediments, 9 (2009) 206-215 https://doi.org/10.1007/s11368-009-0079-8
11. Kodirov O., Shukurov N. Heavy metal distribution in soils near the Almalyk mining and smelting Industrial area, Uzbekistan. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(5):985-990. https://doi.org/10.1111/j.1755-6724.2009.00127.x
12. Pen-Mouratov, S., Shukurov, N., and Steinberger, Y. Soil free-living nematodes as indicators of both industrial pollution and grazing activity in Central Asia", J. Ecological Indicators, 10 (2010) 955-967. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.02.005
13. Shukurov, N., Kodirov, O., Peitzsch, M., Kersten, M., Pen-Mouratov, S., Steinberger, Y. Coupling geochemical, mineralogical and microbiological approaches to assess the health of contaminated soil around the Almalyk mining and smelter complex, Uzbekistan. J. Science of the Total Environment. 2014, 476-477:447-459. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.031
14. Pen-Mouratov, S., Shukurov, N., Rhakhmonkulova, Sh., Kodirov, O., Yua, J., Barness G., Kersten, M., Steinberger, Y. Successive development of soil ecosystems at abandoned coal-ash landfills. Ecotoxicology. 2014. https://doi.org/10.1007/s10646-014-1227-5
15. Bandowe, BAM., Shukurov, N., Leimer, S. Kersten M., Steinberger Y., Wilcke W. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils of an industrial area in semi-arid Uzbekistan: spatial distribution, relationship with trace metals and risk assessment. Environ Geochem Health. 2021, 43, 4847-4861. https://doi.org/10.1007/s10653-021-00974-3