

Matchanov Otabek Jumanazarovich Urganch davlat universiteti, “Geodeziya, kartografiya va kadastr” kafedrası dotsenti, geografiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) ORCID: 0009-0000-0444-1311

Kurbanbayeva Shoir Shavkatjonovna “Sapayev EDU” o‘quv markazi xodimi, *Gurlan tumani, Xorazm viloyati, O‘zbekiston Respublikasi*

GEOEKOLOGIK MA'LUMOTLARNI KLASSTERLASH VA HEATMAP VIZUALIZATSIYASI ORQALI ASALARI UYALARI JOYLASHUV NUQTALARINI OPTIMALLASHTIRISH

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda Xorazm viloyatida asalari uyalarini joylashtirish va optimal hududlarni aniqlashda heatmap (issiqlik xaritasi) hamda klasterlash (k-means/DBSCAN) algoritmlarining amaliy ahamiyati yoritilgan. Fazoviy ko‘p mezonli baholash (S-MCA) modeli va 6 ta geoeologik mezon (yer qoplami, vegetatsiya va fenologik ko‘rsatkichlar, gidrografiya, infratuzilma hamda agro-kimyoviy xavf zonalari) integratsiyasi asosida aniqlangan 2107 ta maqbul nuqta tahlil qilingan. Heatmap vizualizatsiyasi orqali asalarichilik resurslarining eng yuqori zichlikdagi o‘choqlari aniqlangan bo‘lsa, klasterlash algoritmlari ushbu nuqtalarni mantiqiy guruhlariga ajratib, viloyatning raqamli optimal xaritasini shakllantirish imkonini berdi. Olingan natijalar asalarichilik subyektlariga mavsumiy ko‘chish marshrutlarini aniq rejalashtirish hamda agro-kimyoviy xavf hududlaridan saqlangan holda resurslardan samarali foydalanishda xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Heatmap (issiqlik xaritasi), klasterlash (k-means, DBSCAN), Ko‘p mezonli baholash (MCE), asalarichilik, asalari uyalar joylashuvi, Xorazm viloyati, GAT-modellashtirish.

Аннотация. В данном исследовании освещается практическая значимость алгоритмов тепловой карты (heatmap) и кластеризации (k-means/DBSCAN) при размещении пчелиных ульев и определении оптимальных территорий в Хорезмской области. Проанализирована 2107 пространственная точка, выявленная на основе интеграции модели пространственной многокритериальной оценки (S-MCA) и 6 геоэкологических критериев (почвенно-растительный покров, вегетационные

и фенологические показатели, гидрография, инфраструктура, а также зоны агрохимического риска). Если визуализация heatmap позволила выявить очаги наибольшей плотности ресурсов пчеловодства, то алгоритмы кластеризации разбили эти точки на логические группы, что позволило сформировать цифровую оптимальную карту области. Полученные результаты служат субъектам пчеловодства для точного планирования маршрутов сезонного кочевания и эффективного использования ресурсов с предотвращением воздействия зон агрохимического риска.

Ключевые слова: Тепловая карта (Heatmap), кластеризация (k-means, DBSCAN), многокритериальная оценка (MCE), пчеловодство, размещение пчелиных ульев, Хорезмская область, ГИС-моделирование.

Kirish. Xorazm viloyatida GAT va masofadan zondlash ma'lumotlari asosida oziq-ovqat xavfsizligi, gidrografik va ekologik monitoring va xalq xo'jaligi tarmoqlarini fazoviy modellashtirish bo'yicha qator tadqiqotlar olib borilmoqda. Xususan, baliqchilik tarmog'i va uni rivojlantirish zarurati (Нигматов va boshq., 2020), suv havzalarining baliqchilik uchun yaroqliligi GAT asosida o'rganilgan (Нигматов & Матчанов, 2022). Voha gidrografik tarmoqlarining fazoviy xususiyatlarini tadqiq qilish uchun mos keluvchi raqamli relyef modellari tahlil qilingan (Matchanov & Bekmetova, 2021). Suv havzalarining irrigatsiya va melioratsiya tarmoqlarining ta'sir doirasiga nisbatan joylashuvi raqamli relyef modellari yordamida baholangan (Матчанов & Матсопоева, 2022; Matchanov & Matchanov, 2022). Ananaviy va zamonaviy ma'lumotlarni qiyoslash orqali hududdagi barqaror ko'llar aniqlangan (Matchanov, 2020) hamda aholi punktlarini tadqiq qilishda (Gulimmatov va boshq, 2023; Gulimmatov, 2025) GAT qo'llanilgan.

Bundan tashqari, voha atmosfera havosi tarkibining o'zgarish dinamikasi (Baxtiyorova, 2025), qurg'oqchilik xavfsizligi darajalari baholangan (Matchanov va boshq., 2025), sug'oriladigan yerlari degradatsiyasi dinamikasi tahlil (Matchanov & Matchanov, 2026) qilingan. Shuningdek, antropogen qurg'oqchilikning kelib chiqish sabablari, oldini olish va monitoringini yuritish

tartibi (O'ktamov va boshq., 2026) o'rganilib, voha sharoitida ushbu xavfga moslashishning geoeologik chora-tadbirlar tizimli ishlab chiqilgan (Matchanov va boshq., 2025).

Asalarichilikni rivojlantirish nuqtai nazaridan, ham ayrim tadqiqotlar olib borilgan, masalan hududda asal yetishtirish ko'rsatkichlari asosida dastlabki interaktiv xaritalarni yaratilib (Матчанов & Каримова, 2024), asalarichilik xo'jaliklarini joylashtirish zonalari zamonaviy bulutli platformalar va ko'p mezonli baholash modellari asosida tadqiq qilingan (Matchanov & Karimova, 2026).

Asalarichilik qishloq hududlarida aholi uchun muhim daromad manbai, bandlikni ta'minlash vositasi hamda ekotizimdagi beqiyos tabiiy changlatuvchi sifatidagi strategik ahamiyatga ega. Biologik xilma-xillik va ekotizim xizmatlari bo'yicha hukumatlararo ilmiy-siyosiy platformaning (IPBES, 2017) hisobotiga ko'ra, tabiiy changlatgichlar, xususan, asalarilar dunyo bo'yicha 80% o'simliklar va 75% oziq-ovqat mahsulotlarining barqaror shakllanishi uchun eng asosiy biologik omil hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotda ilk bor Xorazm viloyati bo'yicha asalari uyalarini joylashtirish uchun optimal bo'lgan 2107 ta nuqta issiqlik xaritasi hamda klasterlash tahlillari orqali veb-muhitga integratsiya qilindi.

Tadqiqot metodologiyasi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

I. Hududda asalari uyalarini joylashtirish uchun optimal nuqtalar Google Earth Engine (GEE) platformasida fazoviy ko'p mezonli baholash (Multi-Criteria Evaluation) modeli yordamida aniqlandi. Yakuniy qulaylik indeksini shakllantirishda xalqaro miqyosdagi yetakchi olimlarning ilmiy yondashuvlari, Xorazm viloyatining o'ziga xos tabiiy sharoiti va xalq xo'jaligining mahalliy xususiyatlari inobatga olingan holda 6 ta asosiy mezon (Matchanov & Karimova, 2026) tanlab olindi:

Yer qoplamini va yerlardan foydalanish toifalari (Carr-Markell va b., 2015; Dubovyk va b., 2013);

1. Vegetatsiya indeksi (NDVI), biomassa hajmi va o'simliklarning gullash zichligi (Dubovyk va b., 2013; Fasasi & Adedoyin, 2019);

2. Oziqa bazasining vaqtinchalik va mavsumiy mavjudligi (Danner va b., 2017);
3. Gidrografik tarmoqlarning mavjudligi (Abou-Shaara, 2019);
4. Agrokimyoviy ta'sir zonalari (Tosi va b., 2017);
5. Transport infratuzilmasiga yaqinlik ko'rsatkichlari (Komasilova va b., 2021).

Ko'p mezonli baholash modeli asosida asalarichilik uchun optimal bo'lgan jami 2107 ta fazoviy nuqta aniqlandi.

II. Aniqlangan nuqtalarning hududiy taqsimotini va tabiiy guruhlanishini o'rganish uchun ilg'or klasterlash algoritmlari qo'llanildi:

1. K-means klasterlash asosida nuqtalarni markaziy ozuqa bazalari atrofiga guruhlanib, hududiy salohiyatni teng taqsimlash va tarmoq klasterlarini shakllantirishda foydalanildi.

2. DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) usuli fazoviy zichlikka asoslangan usul sifatida hududdagi tartibsiz tarqalgan nuqtalarni aniqlash, zich joylashgan optimal maydonlarni ajratib olish va tasodifiy nuqtalarni chetlashtirish uchun qo'llanildi.

III. Asalari uyalarini joylashtirishda yuqori konsentratsiyaga ega hududlarni aniq ko'rsatish uchun issiqlik xaritasi tahlili amalga oshirildi. Bunda har bir nuqtaning fazoviy og'irligi hisobga olinib, Leaflet.heat plagini yordamida hududdagi ozuqa bazasi va optimal lokatsiyalarning zichlik gradientlari (ko'k, yashil va qizil ranglar) vizuallashtirildi.

IV. Tadqiqot natijalarini amaliyotga tatbiq etish va interaktiv boshqaruvni ta'minlash maqsadida Leaflet.js kutubxonasi asosida veb-xarita ilovasi ishlab chiqildi. Ilova quyidagi texnik imkoniyatlarni o'z ichiga oladi:

1. MarkerClusterGroup 2107 ta nuqtaning xaritadagi yuklamasini kamaytirish va klasterlar ko'rinishida guruhlab ko'rsatadi;

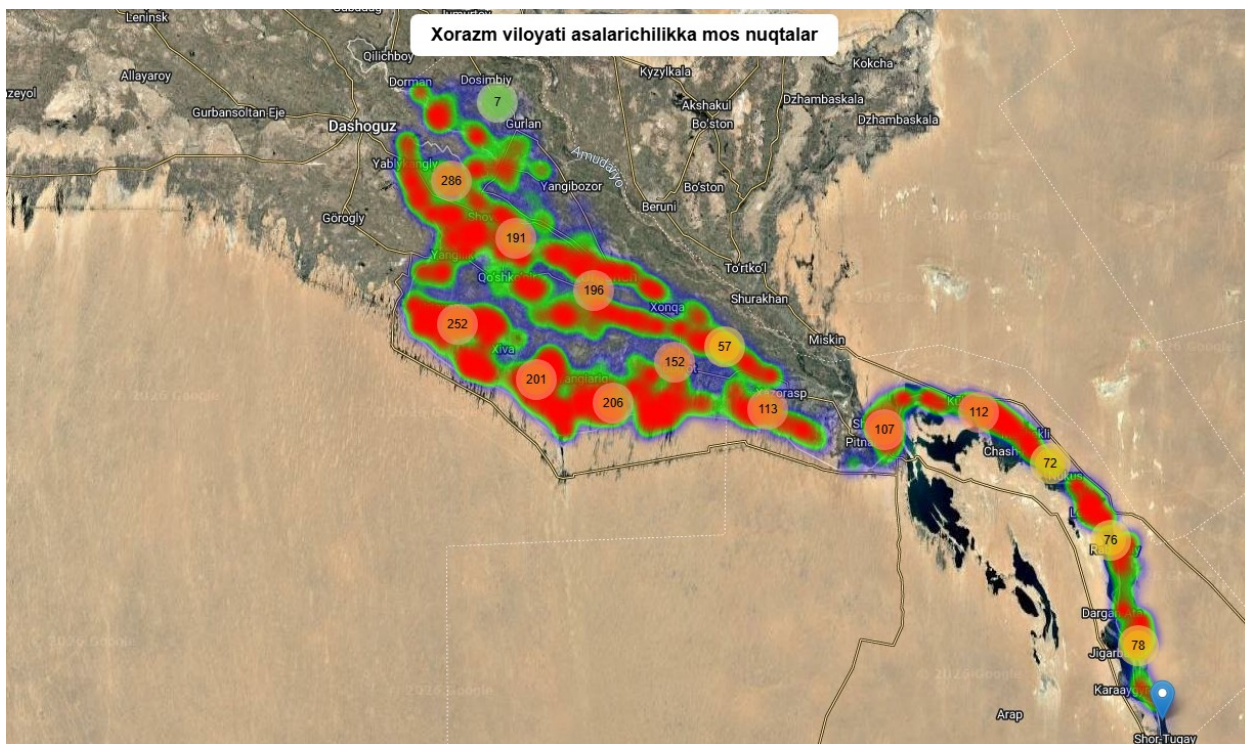
2. Qatlamlarni boshqarish (Layer Control) esa OpenStreetMap, CartoDB Voyager, Google Hybrid, OpenTopoMap va Esri World Imagery kabi bazaviy

xaritalar hamda Klasterlar va Zichlik (Heatmap) qatlamlari o'rtasida erkin almashish imkoniyatini yaratadi.

Ushbu uslubiy yondashuv ekologik ma'lumotlarni fazoviy modellashtirish orqali qishloq xo'jaligi va asalarichilikni ilmiy asosda rejalashtirish imkonini beradi.

Natijalar va muhokama

Google Earth Engine platformasida o'tkazilgan fazoviy ko'p mezonli baholash hamda klasterlash algoritmlari va Leaflet.heat tahlillari natijasida Xorazm viloyatida asalarichilikni rivojlantirish uchun qulay bo'lgan jami 2107 ta fazoviy nuqta asosida ularning zichlik darajasi xaritada vizuallashtirildi.



1-rasm. Xorazm viloyatida asalari uyalarini joylashtirish uchun optimal lokatsiyalar hamda ozuqa bazasi klasterlari

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, aniqlangan optimal nuqtalar va yuqori zichlik asosan Amudaryo havzasi hamda sug'oriladigan dehqonchilik maydonlari bo'ylab joylashgan:

1. Shimoliy va shimoli-g'arbiy hududlar. Shovot (286 ta nuqta va 7 ta klaster) hamda Urganch (191 ta nuqta) tumanlariga tutash hududlarda ozuqa bazasining zichligi yuqori ekani va sug'oriladigan yerlar, mevali bog'lar hamda

gidrografik tarmoqlarga yaqinligi sababli konsentratsiya o'ta yuqori ko'rsatkichni tashkil etmoqda.

2. Markaziy va Janubiy hududlar. Qo'shko'pir, Xiva (252 va 201 ta nuqta) hamda Yangiarariq (206 ta nuqta) va Xonqa (196 ta nuqta) tumanlarida yirik qizil zonalar shakllangan. Bu hududlarda vegetatsiya indeksi yuqoriligi hamda qishloq xo'jalik ekinlarining vaqtinchalik va mavsumiy gullash davri asalarichilik uchun doimiy ozuqa zanjirini ta'minlaydi.

3. Janubi-sharqiy hudud – Pitnak yo'nalishi. Bog'ot (152 ta nuqta), Hazorasp (113 va 57 ta nuqta) va Pitnak (107, 112 ta nuqta) yo'nalishida ozuqa bazasi ensizroq chiziqli koridor shaklida davom etadi. Janubi-sharqdagi chekka nuqtalarda (72, 76, 78 ta nuqta) ham alohida lokal klasterlar kuzatilib, bular asosan Amudaryo qirg'oqlari va to'qayzor ekinzorlariga to'g'ri keladi.

Xulosa

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, binafsha va ko'k rang bilan belgilangan past zichlikdagi o'tish zonalarini cho'l chegaralari va agrokimyoviy bosim yuqori bo'lgan joylarga to'g'ri keladi. Qizil va sariq zonalar esa gidrografik tarmoqlar va xavfsiz transport infratuzilmasi tutashgan joylarda to'plangan.

K-means va DBSCAN algoritmlari yordamida ajratilgan marker-klasterlar har bir hudud bo'yicha asalari oilalarini joylashtirish hajmini me'yorlashtirishga imkon beradi. Bu esa ozuqa bazasiga ortiqcha bosim tushishining oldini oladi.

Leaflet.js va MarkerClusterGroup orqali yaratilgan Veb-GIS ilovasi asalarichilarga va hududiy rejalashtiruvchilarga real vaqt rejimida qatlamlarni almashtirish hamda eng maqbul nuqtalarni aniq tanlab olish imkonini beradi.

Umuman olganda, taklif etilgan fazoviy modellashtirish va raqamli xaritalash uslubiyoti Xorazm viloyatida asalarichilik xo'jaliklarini barqaror rivojlantirish, tabiiy resurslardan oqilona foydalanish hamda qishloq xo'jaligi ekinlarini changlatish samaradorligini oshirishda yuqori ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abou-Shaara, H. F. (2019). Geographical information system for map generation of honey bee habitats. *Journal of Apicultural Science*, 63(1), 5–17. <https://doi.org/10.2478/jas-2019-0002>
2. Baxtiyorova, M.; Matchanov, O.J. (2025). Xorazm vohasi atmosfera havosi tarkibi davriy o'zgarishining geofazoviy tahlili. *Экономика и Социум*, (9-2(136)), 44–51.
3. Carr-Markell, M. K., Demler, C. M., Couvillon, M. J., Schürch, R., & Spivak, M. (2015). Do commercially available honey bee forage seed mixes provide high-quality forage? *PLOS ONE*, 10(12), e0142075. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142075>
4. Danner, N., Keller, A., Härtel, S., & Steffan-Dewenter, I. (2017). Honey bee foraging ecology: Combined effects of spatio-temporal forage availability and hive location. *Journal of Applied Ecology*, 54(4), 1168–1177. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12830>
5. Dubovyk, O., Landmann, T., Erasmus, B. F., Tewes, A., & Schellberg, J. (2013). Monitoring vegetation dynamics with trend analysis of MODIS NDVI time series. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 25, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.03.007>
6. Fasasi, K. A., & Adedoyin, A. A. (2019). Application of remote sensing and GIS in mapping honeybee suitability zones. *Journal of Beekeeping Science*, 41(2), 89–102.
7. 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.
8. 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).
9. IPBES. (2017). Pollinators, pollination and food production: Summary for policymakers. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. https://files.ipbes.net/ipbes-web-prod-public-files/spm_deliverable_3a_pollination_20170222.pdf
10. Komasilova, J., Janocko, M., & Kovac, M. (2021). GIS-based infrastructure analysis for migratory beekeeping optimization. *Computers and Electronics in Agriculture*, 182, 106012. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106012>
11. Matchanov, O. J. (2020). Identification of sustainable lakes in Khorezm region by comparing data from traditional and modern sources. *Actual Problems of Modern Science, Education and Training*, 308–315.
12. Matchanov, O. J., & Bekmetova, Sh. H. (2021). Selection of digital elevation model for determining the height and depth of lakes and ponds of the Khorezm region. *Actual Problems of Modern Science, Education and Training*, 97–105.

13. 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.
14. 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>
15. Matchanov, M. J., Ibragimov, O. A., & Matchanov, O. J. (2025). Xorazm vohasining O'zbekiston qismida qurg'oqchilik xavfiga moslashishning geoeologik chora-tadbirlari. *Ekologik xavfsizlik va aholini ijtimoiy muhofaza qilish ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami* (B. 134–142). Toshkent: MIMA.
16. Matchanov, O. J., & Matchanov, M. J. (2026). Xorazm viloyati sug'oriladigan yerlari degradatsiyasining fazoviy va ko'p yillik dinamikasi hamda evolyutsion tahlili (2002–2025-yillar). *Geodeziya kartografiya va kadastr muammolari*, 1-maxsus son (III qism), 9–14.
17. Matchanov, O. J., & Karimova, Sh. (2026). Xorazm viloyatida asalarichilik oziqa bazasi va agro-kimyoviy xavf omillarini geoinformatsion modellashtirish. *"Экономика и социум"*, 6(145), 376–384.
18. Матчанов, О. Ж., & Каримова, Ш. А. (2024). Асал етиштириш кўрсаткичлари асосида интерактив карта яратиш амалиёти. *Экономика и Социум*, (11-2(126)), 735–740.
19. Матчанов, О. Ж., & Матсопоева, А. Қ. (2022). Сув ҳавзаларининг мелиорация тармоқларига нисбтан жойлашуви ва унинг балиқчиликка таъсири. *Экономика и Социум*, (3-1(94)), 343–346.
20. Нигматов, А. Н., & Матчанов, О. Ж. (2022). Географик ахборотлар тизими асосида балиқчилик хўжалигини юритишнинг географик жиҳатлари (Хоразм вилояти мисолида). Тошкент–Урганч: Innovatsiya-Ziyo.
21. Нигматов, А. Н., Матчанов, О. Ж., & Матчанова, М. О. (2020). Балиқчилик тармоғининг инсон ҳаётида тутган ўрни ва уни Ўзбекистонда ривожлантириш зарурати. *Proceedings of International Scientific Conference "Global Science and Innovations"* (p. 61).
22. O'ktamov, M. G., Matchanov, O. J., & Jumabayev, R. (2026). Antropogen qurg'oqchilikni o'rganish, oldini olish va monitoringini yuritishning ahamiyati. *Экономика и Социум*, (3-2(142)), 345–353.
23. Tosi, S., Costa, C., Vesco, G., Quaglia, G., & Medrzycki, P. (2017). A review of pesticide risk assessment for honeybees in agricultural landscapes. *Science of The Total Environment*, 587, 211–221. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.112>