

## EKOLOGIK MONITORINGNING FUNKSIONAL VA ARXITEKTURAVIY MODELI: TALABLAR VA MAQSADLI KO'RSATKICHLAR.

**Homidov Hamdam Hasanovich**

Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti

“Raqamli iqtisodiyot” kafedrası

Iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Email: [lochinbekdavronbek@gmail.com](mailto:lochinbekdavronbek@gmail.com)

**Abstract.** Ekologik qo'riqxonalarda monitoring jarayonlarining funksional va arxitekturaviy modellari, ularning talab va maqsadli ko'rsatkichlari tahlil qilinadi. Zamonaviy ekologik monitoring tizimlari IoT sensorlari, GIS platformalari, masofaviy zondlash vositalari va sun'iy intellekt algoritmlari asosida ishlaydi. Funksional model ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash, tahlil qilish va boshqaruv qarorlariga aylantirish jarayonlarini o'z ichiga oladi. Arxitekturaviy model esa tizimning ko'p darajali tuzilmasini – ma'lumot yig'ish, uzatish, saqlash va vizualizatsiya darajalarini – belgilaydi. Tadqiqot natijalari ekologik monitoring tizimlarining samaradorligini oshirish, qaror qabul qilish jarayonlarini ilmiy asoslash va resurslardan tejamkor foydalanishni ta'minlashga xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar.** ekologik monitoring, funksional model, arxitekturaviy model, IoT, GIS, sun'iy intellekt, maqsadli ko'rsatkichlar, qo'riqxona.

**Abstract.** This article analyzes the functional and architectural models of monitoring processes in ecological reserves, as well as their requirements and target indicators. Modern ecological monitoring systems operate based on IoT sensors, GIS platforms, remote sensing tools, and artificial intelligence algorithms. The functional model encompasses data collection, processing, analysis, and transformation into management decisions. The architectural model defines the multi-layered structure of the system, including data acquisition, transmission, storage, and visualization levels. The results of the study contribute to improving the efficiency of ecological monitoring systems, supporting evidence-based decision-making, and ensuring cost-effective use of resources.

**Keywords.** ecological monitoring, functional model, architectural model, IoT, GIS, artificial intelligence, target indicators, reserve.

**Аннотация.** В статье рассматриваются функциональные и архитектурные модели процессов мониторинга в экологических заповедниках, а также их требования и целевые показатели. Современные системы экологического мониторинга работают на основе IoT-датчиков, GIS-платформ, средств дистанционного зондирования и алгоритмов искусственного интеллекта. Функциональная модель включает сбор, обработку, анализ данных и их преобразование в управленческие решения. Архитектурная модель определяет многоуровневую структуру системы, включая уровни сбора, передачи, хранения и визуализации данных. Результаты исследования способствуют повышению эффективности систем экологического мониторинга, обеспечению научно обоснованного принятия решений и рационального использования ресурсов.

**Ключевые слова.** экологический мониторинг, функциональная модель, архитектурная модель, IoT, GIS, искусственный интеллект, целевые показатели, заповедник.

**Kirish.** Zamonaviy ekologik boshqaruv jarayonlarida ekologik monitoring tizimlari ajralmas tarkibiy qism sifatida muhim rol o'ynaydi. Tabiiy ekotizimlarning murakkabligi, biologik xilma-xillikning yuqori darajada o'zgaruvchanligi va antropogen omillar ta'sirining ortishi monitoring tizimlariga qo'yiladigan talablarni sezilarli darajada oshirmoqda. Shu munosabat bilan, ekologik qo'riqxonalarda monitoringning funksional va arxitekturaviy modellarini ishlab chiqish zamonaviy ilmiy va amaliy talablar doirasida dolzarb masala hisoblanadi.

Funksional model ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash, tahlil qilish va boshqaruv qarorlariga aylantirish jarayonlarini o'z ichiga oladi. U yovvoyi hayvonlar populyatsiyasi, o'simliklar qoplami, suv va tuproq resurslari, iqlim va mikroiklim ko'rsatkichlari kabi asosiy obyektlarni monitoring qilishga qaratilgan. Arxitekturaviy model esa ekologik monitoring tizimining texnologik tuzilmasini ifodalaydi va ma'lumotlarni yig'ish, uzatish, saqlash hamda vizualizatsiya darajalarini belgilaydi.

Bugungi kunda IoT sensorlari, GIS platformalari, masofaviy zondlash vositalari va sun'iy intellekt algoritmlari ekologik monitoringning samaradorligini oshirishda muhim vositalar sifatida qo'llanilmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida ekologik jarayonlarni real vaqt rejimida kuzatish, xavfli holatlarni aniqlash va prognozlash imkoniyati yaratiladi. Natijada monitoring tizimlari ekologik xavflarni kamaytirish, resurslardan samarali foydalanish va ilmiy asoslangan boshqaruv qarorlarini qabul qilishga xizmat qiladi.

Shu bilan birga, globallashtirish va iqlim o'zgarishi sharoitida agrar va ekologik sohalarning innovatsion rivojlanishi tobora dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Shu bois ekologik monitoring jarayonlarida zamonaviy axborot tizimlari, geoaxborot texnologiyalari, masofaviy zondlash va sun'iy intellekt yechimlarini integratsiyalash qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashning muhim sharti sifatida namoyon bo'lmoqda.

**Mavzuni o'rganilganlik darajasi** Ekologik monitoring va uning raqamlashtirilgan tizimlari masalasi xalqaro va mahalliy ilmiy tadqiqotlarda keng yoritilgan. Xalqaro tajribada, masalan, Yevropa Ittifoqi Copernicus dasturi, AQSh va Kanada Movebank platformalari, shuningdek, Wildlife Insights va SMART Conservation Software kabi raqamli monitoring platformalari ekologik jarayonlarni real vaqt rejimida kuzatish va tahlil qilish bo'yicha ilg'or yondashuvlarni namoyon etadi. Ushbu tadqiqotlar ekologik axborot tizimlarining funksional va arxitekturaviy jihatlari, ma'lumotlar yig'ish va qayta ishlash texnologiyalari, shuningdek, qaror qabul qilish jarayonlariga integratsiyasi bo'yicha asosiy ilmiy natijalarni taqdim etadi.

Mahalliy tajribada esa ekologik qo'riqxonalarda monitoring jarayonlarining raqamlashtirilishi va IoT, GIS, dronlar hamda sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish bo'yicha izlanishlar olib borilmoqda. Shu bilan birga, qishloq xo'jaligida masofaviy monitoring tizimlarini joriy etish, ekologik xavflarni aniqlash va resurslardan samarali foydalanish bo'yicha ilmiy-amaliy tadqiqotlar ham amalga oshirilmoqda.

Shuni ta'kidlash joizki, ekologik monitoringning funksional va arxitekturaviy modellarini ishlab chiqish, turli ekologik obyektlarni kuzatish, ma'lumotlarni integratsiyalash va prognozlash sohalarida yetarlicha tadqiqotlar mavjud bo'lsa-da, real

vaqt rejimida ishlovchi, yuqori texnologiyali va iqtisodiy samaradorlikni hisobga olgan tizimlarning kompleks ilmiy-amaliy modeli hali to'liq shakllantirilmagan. Shu bois, mazkur tadqiqot ekologik monitoringning funksional va arxitekturaviy modellari, maqsadli ko'rsatkichlar va samaradorlik mezonlarini aniqlashga qaratilgan bo'lib, mavzuni yanada chuqur o'rganish va takomillashtirishga hissa qo'shadi.

**Tadqiqot metodologiyasi.** Ushbu tadqiqot ekologik monitoringning funksional va arxitekturaviy modellarini aniqlash va baholashga qaratilgan. Tadqiqot jarayonida **tizimli yondashuv** qo'llanilgan bo'lib, u ekologik monitoringning turli bosqichlarini o'rganish, ma'lumotlarni yig'ish, tahlil qilish va natijalarni boshqaruv qarorlariga aylantirishga imkon beradi.

**Tahlil va natijalar.** Ekologik qo'riqxonalarda monitoring jarayonlarini raqamlashtirish zamonaviy ekologik boshqaruv tizimining ajralmas tarkibiy qismi hisoblanadi. Tabiiy ekotizimlarning murakkabligi, biologik xilma-xillikning yuqori darajada o'zgaruvchanligi hamda antropogen omillar bosimining kuchayib borishi ekologik monitoring tizimlariga qo'yiladigan talablarni tubdan o'zgartirmoqda. Shu bois ekologik qo'riqxonalarda monitoringning funksional va arxitekturaviy modelini ishlab chiqish jarayoni tizimli, ko'p bosqichli va ilmiy asoslangan yondashuvni talab etadi.

Ekologik monitoringning funksional modeli, avvalo, kuzatuv obyektlari va jarayonlarini aniq belgilashga qaratiladi. Qo'riqxona hududida monitoring o'tkaziladigan asosiy obyektlar sifatida yovvoyi hayvonlar populyatsiyasi, o'simliklar qoplami, suv va tuproq resurslari, iqlim va mikroiklim ko'rsatkichlari, shuningdek, antropogen ta'sir manbalari ajratib olinadi. Ushbu obyektlar bo'yicha ma'lumotlarni muntazam, uzluksiz va real vaqt rejimida yig'ish funksional modelning markaziy vazifasi hisoblanadi.

Funksional modelning keyingi muhim elementi ma'lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish blokidir. An'anaviy monitoring tizimlarida ma'lumotlar asosan qo'lda qayta ishlangan bo'lsa, raqamlashtirilgan ekologik monitoring tizimida sensor tarmoqlari, masofaviy zondlash texnologiyalari, GIS platformalari va sun'iy intellekt algoritmlari asosiy rol o'ynaydi. Ushbu vositalar yordamida ekologik jarayonlarning dinamikasi tahlil qilinadi, xavfli holatlar erta aniqlanadi va prognozlash imkoniyati yaratiladi.

Ekologik monitoringning funksional modeli qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash tizimi bilan uzviy bog‘liq bo‘lishi zarur. Monitoring natijalari asosida qo‘riqxonalar ma‘muriyati, davlat boshqaruv organlari va ilmiy muassasalar uchun tezkor va asoslangan qarorlar qabul qilish imkoniyati yaratiladi. Bu jarayonda inson omiliga bog‘liqlikni kamaytirish, subyektiv baholashlardan voz kechish va avtomatlashtirilgan tahlil natijalariga tayanish muhim ahamiyat kasb etadi.

Ekologik qo‘riqxonalarda monitoring jarayonlarini raqamlashtirish bo‘yicha ishlab chiqilgan metodologik yondashuvlar O‘zbekistonning turli hududlarida amaliy jihatdan sinovdan o‘tkazilishi va real natijalar bilan asoslanishi muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. “Raqamli qishloq xo‘jaligi” axborot tizimini joriy etish zarurati ilmiy jihatdan asoslandi. Ushbu tizim ekologik monitoring, yer resurslari holatini baholash va hosildorlikni prognozlash jarayonlarini yagona raqamli platformada birlashtirishga xizmat qiladi. Amaliy tajriba sifatida Toshkent viloyatida dron texnologiyalari asosida yer va ekinlar holatini baholash bo‘yicha pilot loyiha amalga oshirilib, olingan ma‘lumotlar onlayn platformaga joylashtirildi. Mazkur tajriba ekologik monitoringning aniqligi va tezkorligini sezilarli darajada oshirdi.

Shuningdek, raqamli platforma orqali ekologik va agrotexnik ma‘lumotlarni shaffof tarzda taqdim etish, inson omilini kamaytirish va idoralararo axborot almashinuvini avtomatlashtirish imkoniyati yaratildi. Platformaning interaktiv xizmatlari, jumladan, chat-botlar va onlayn maslahat tizimlari ekologik muammolarni joyida va tezkor hal etishga xizmat qilmoqda.

### 1-jadval

**Ekologik monitoring ehtiyojlaridan kelib chiqib qishloq xo‘jaligini raqamlashtirish loyihalarini amalga oshirishning istiqbolli shakllari**

| Texnologiyalarni tasniflash mezonlari | Raqamli texnologiyalar turi | Amalga oshirishning ustuvor tashkiliy shakli | Ilmiy-iqtisodiy asos va ekologik samaradorlik |
|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|

|                                                   |                                                                                    |                                                          |                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hududiy qamrov va lokalizatsiya darajasi bo'yicha | Bir nechta fermer xo'jaliklari kesimida taqsimlangan raqamli monitoring tizimlari  | Ishning jamoaviy shakllari (klasterlar, kooperatsiyalar) | Hududiy ekologik jarayonlar (suv, tuproq, bioxilma-xillik) umumiy xarakterga ega bo'lgani sababli monitoringni kollektiv tashkil etish ma'lumotlarning aniqligi va uzluksizligini oshiradi |
|                                                   | Alohida fermer xo'jaligi doirasida joriy etilgan raqamli texnologiyalar            | Fermer xo'jaligi tomonidan mustaqil amalga oshirilishi   | Mikroekologik monitoring (dalalar kesimida) individual qarorlarni optimallashtirish va resurslardan tejamkor foydalanish imkonini beradi                                                   |
| Qo'llash funksional maqsadi bo'yicha              | Tahlil, baholash va qayta aloqa texnologiyalari (sensorlar, real vaqt monitoringi) | Davlat va fermer hamkorligida amalga oshirilishi         | Ekologik xavflarni erta aniqlash va tezkor boshqaruv choralari ishlab chiqish uchun davlat axborot infratuzilmasi muhim                                                                    |
|                                                   | Axborotni shakllantirish va integratsiyalash texnologiyalari (Big Data, GIS)       | Fermer xo'jaligi va jamoaviy shakllar                    | Turli manbalardan ekologik ma'lumotlarni integratsiya qilish monitoring aniqligini oshiradi va qaror qabul qilishda ilmiylikni kuchaytiradi                                                |
|                                                   | Modellashtirish va prognozlash texnologiyalari (AI, raqamli egizaklar)             | Ishning jamoaviy shakllari, ilmiy muassasalar ishtiroki  | Ekologik jarayonlarni oldindan prognozlash resurslarni uzoq muddatli barqaror boshqarishga xizmat qiladi                                                                                   |

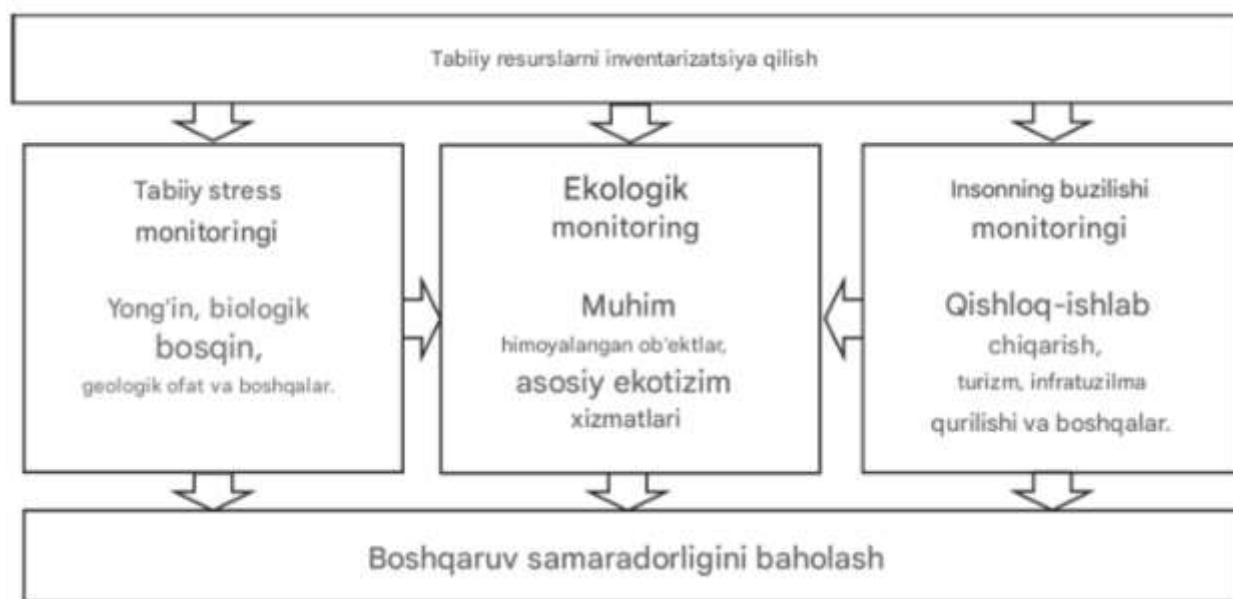
|  |                                      |                                             |                                                                                                                       |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Masofaviy hisob va nazorat tizimlari | Fermer xo'jaligi va davlat nazorati asosida | Masofaviy monitoring inson omiliga bog'liqlikni kamaytirib, ekologik buzilishlar ustidan doimiy nazoratni ta'minlaydi |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Arxitekturaviy model ekologik monitoring tizimining texnologik tuzilmasini ifodalaydi. Ushbu model, odatda, ko'p darajali arxitekturaga asoslanadi. Birinchi daraja bu ma'lumotlarni yig'ish darajasi bo'lib, u IoT sensorlari, biologik belgilash qurilmalari, dronlar va sun'iy yo'ldosh tasvirlari orqali amalga oshiriladi. Ikkinchi daraja ma'lumotlarni uzatish va saqlash darajasi bo'lib, bunda simsiz aloqa texnologiyalari, bulutli platformalar va ma'lumotlar bazalari qo'llaniladi. Uchinchi daraja tahlil va vizualizatsiya darajasi bo'lib, GIS tizimlari, Big Data texnologiyalari va sun'iy intellekt modellariga asoslanadi.

Ekologik monitoringning arxitekturaviy modeliga qo'yiladigan asosiy talablar qatoriga uzluksizlik, masshtablanuvchanlik, moslashuvchanlik va xavfsizlik kiradi. Qo'riqxonalar hududlarining geografik kengligi va tabiiy sharoitlarining xilma-xilligi monitoring tizimining hududiy masshtabda samarali ishlashini taqozo etadi. Shu bilan birga, tizim yangi texnologiyalarni integratsiya qilishga ochiq bo'lishi va ekologik vaziyat o'zgarishlariga tez moslasha olishi lozim.

Maqsadli ko'rsatkichlar ekologik monitoring tizimining samaradorligini baholash mezonlari sifatida xizmat qiladi. Bunday ko'rsatkichlar qatoriga monitoring qamrovi darajasi, ma'lumotlarning aniqligi va ishonchliligi, ekologik xavflarni aniqlash tezligi, prognozlash aniqligi hamda qabul qilinayotgan boshqaruv qarorlarining ekologik samaradorligi kiradi. Ushbu ko'rsatkichlar asosida monitoring tizimining real natijalari baholanadi va uni takomillashtirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqiladi.





**1-rasm. Ekologik qo'riqxonalarda monitoring tizimining funksional tarkibi va boshqaruvga ta'sir ko'rsatish zanjiri.**

Ekologik qo'riqxonalarda monitoringning funksional va arxitekturaviy modelini ishlab chiqish ekologik axborotlarni yig'ish, qayta ishlash va boshqaruv qarorlariga aylantirishning yagona raqamli mexanizmini shakllantirishga xizmat qiladi. Mazkur model keyingi bosqichlarda IoT, GIS va sun'iy intellekt texnologiyalarini integratsiyalash, yovvoyi hayvonlar harakati va populyatsiyasini real vaqt rejimida kuzatish hamda monitoring samaradorligini iqtisodiy va ekologik jihatdan baholash uchun mustahkam metodologik asos yaratadi.

Hozirgi globallashuv va iqlim o'zgarishi sharoitida agrar sohaning innovatsion rivojlanishi tobora dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Shu munosabat bilan ekologik monitoring jarayonlarida zamonaviy axborot tizimlari, geoaxborot texnologiyalari, masofaviy zondlash va sun'iy intellekt yechimlarini joriy etish qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashning muhim sharti sifatida namoyon bo'lmoqda.

**Xulosa.** Ekologik qo'riqxonalarda monitoringning funksional va arxitekturaviy modellarini ishlab chiqish va baholashga qaratilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, ekologik monitoringning raqamlashtirilgan tizimi ekologik jarayonlarni real vaqt rejimida kuzatish, ma'lumotlarni tizimli qayta ishlash va boshqaruv qarorlarini asoslash imkoniyatini yaratadi.



Ekologik monitoringning funksional modeli yovvoyi hayvonlar populyatsiyasi, o'simliklar qoplami, suv va tuproq resurslari, iqlim va mikroiklim ko'rsatkichlari hamda antropogen omillarni kuzatishga qaratilgan. Ma'lumotlar sensor tarmoqlari, masofaviy zondlash texnologiyalari, GIS platformalari va sun'iy intellekt algoritmlari yordamida yig'ilib, tahlil qilinadi, bu esa ekologik xavflarni erta aniqlash va prognozlash imkonini beradi.

Arxitekturaviy model ma'lumotlarni yig'ish, uzatish, saqlash va tahlil qilish bosqichlarini o'z ichiga oladi. Tizim uzluksizlik, masshtablanuvchanlik, moslashuvchanlik va xavfsizlik talablariga javob berishi lozim. Tadqiqotda ta'kidlangan maqsadli ko'rsatkichlar – monitoring qamrovi, ma'lumotlarning aniqligi, ekologik xavflarni aniqlash tezligi va prognozlash aniqligi – tizim samaradorligini baholashda muhim mezonlar sifatida xizmat qiladi.

Ekologik monitoring jarayonlarida IoT, GIS, dron texnologiyalari va sun'iy intellekt kabi innovatsion yechimlarni joriy etish orqali qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi. Shu tariqa, ishlab chiqilgan funksional va arxitekturaviy model ekologik monitoring tizimlarini ilmiy, iqtisodiy va amaliy jihatdan samarali boshqarish imkonini beradi.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Copernicus Programme. European Union. <https://www.copernicus.eu>
2. World Bank. **Environmental Monitoring and Digital Infrastructure Projects: 2010–2023**. Washington D.C., 2023.
3. Movebank Platform. **Global Wildlife Tracking and Monitoring**. <https://www.movebank.org>
4. Wildlife Insights. **AI-based Wildlife Monitoring**. <https://www.wildlifeinsights.org>
5. SMART Conservation Software. **GIS and Real-Time Analytics for Protected Areas**. <https://smartconservationsoftware.org>
6. Holling, C.S. **Adaptive Environmental Management**. London: Springer, 2001.

7. Turner, W., Spector, S., Gardiner, N. **Remote Sensing for Biodiversity Monitoring.** Science, 2003, Vol. 300, pp. 1299–1302.
8. Zhang, X., et al. **AI and IoT in Environmental Monitoring.** Journal of Environmental Management, 2022, Vol. 310, 114703.
9. Japan Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. **Smart Agriculture and Digital Transformation in Japan,** 2019.
10. India Ministry of Agriculture & Farmers Welfare. **Digital Services for Agriculture and Environmental Monitoring,** 2020.
11. Goodchild, M.F. **GIS and Environmental Modeling: Principles and Applications.** Oxford University Press, 2018.