

**IOT SENSORLARI VA SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA ISHLOVCHI MOBIL ILOVA ORQALI
ICHIMLIK SUVI SIFATINI AVTOMATIK MONITORING QILISH**

Xamroyeva Dilafró'z Namozovna – *fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent*

hdilafruz_285@mail.ru

Kamolova Moxiniso Farmon qizi – *talaba*

Navoiy davlat universiteti

**АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ
НА ОСНОВЕ ИОТ-СЕНСОРОВ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Хамроева Дилафруз Намозовна – *доктор философии по физико-математическим наукам, доцент*

Камолова Мохинисо Фармоновна – *студент*

Навоийский государственный университет

**AUTOMATED DRINKING WATER QUALITY MONITORING
BASED ON IOT SENSORS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Khamroeva Dilafruz – *Doctor of Philosophy in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor*

Kamolova Mokhiniso Farmonovna – *student*

Navoi State University

Tayanch so'zlar: sun'iy intellekt, mashinaviy o'rganish, suv sifati monitoringi, IoT sensorlar, filtr tavsiyasi.

Rezyume. Maqolada AquaScan nomli sun'iy intellekt asosida ishlovchi suv sifati monitoringi va filtr tavsiyasini beruvchi mobil ilova imkoniyatlari keltirilgan. Mobil ilova suvning pH, TDS, harorat va loyqalik ko'rsatkichlarini real vaqt rejimida yig'ib, sun'iy intellekt modeli yordamida tahlil etadi.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, мониторинг качества воды, IoT-датчики, рекомендации фильтров.

Резюме. В статье рассматриваются возможности мобильного приложения AquaScan, основанного на технологиях искусственного интеллекта, предназначенного для мониторинга качества воды и предоставления рекомендаций по фильтрации. Мобильное приложение в режиме реального времени собирает показатели pH, TDS, температуры и мутности воды и анализирует их с использованием модели искусственного интеллекта.

Key words: artificial intelligence, machine learning, water quality monitoring, IoT sensors, filter recommendation.

Summary. The article presents the capabilities of AquaScan, an artificial intelligence-based mobile application designed for water quality monitoring and filter recommendation. The mobile application collects real-time data on water parameters such as pH, TDS, temperature, and turbidity, and analyzes them using an artificial intelligence model.

Kirish. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Sun'iy intellekt texnologiyalarini 2030-yilga qadar rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi 2024-yil 14-oktabrdagi PQ-358-son Qarori, "Sun'iy intellekt texnologiyalarini yanada rivojlantirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi 2025-yil 22-oktabrdagi PF-189-sonli Farmoni hamda Vazirlar Mahkamasining "2025-2026-yillarda sun'iy intellekt texnologiyalari sohasida ustuvor loyihalarni amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi 2025-yil 10-iyuldagi 425-son Qarorida belgilangan vazifalarni amalga oshirish ustuvor vazifa qilib belgilangan.

Hozirgi kunda ichimlik suvi sifati nazorat qilish global ekologik va ijtimoiy muammolardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortishi, sanoat chiqindilari va tabiiy resurslarning ifloslanishi natijasida suv sifati pasayib bormoqda. Shu sababli ichimlik suvining asosiy ko'rsatkichlarini – pH, TDS, harorat va loyqalikni doimiy nazorat qilish dolzarb masalaga aylangan.

An'anaviy suv monitoring usullari ko'pincha qo'lda amalga oshiriladi va real vaqt rejimida natija bermaydi. Bu esa tezkor qaror qabul qilish imkoniyatini cheklaydi. Zamonaviy texnologiyalaridan IoT sensorlar va sun'iy intellekt yordamida suv sifati avtomatlashtirilgan tarzda monitoring qilish va tahlil qilish imkoniyati mavjud.

Ushbu tadqiqotda suv sifati monitoringini avtomatlashtirish va foydalanuvchiga mos filtr tavsiyasini berish maqsadida sun'iy intellekt va IoT texnologiyalari integratsiyalangan AquaScan mobil ilovasi ishlab chiqilgan.

Adabiyotlar tahlili. Suv sifati monitoringi va filtrlash texnologiyalari bo'yicha ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Xalqaro miqyosda ichimlik suvi sifati nazorat qilish bo'yicha World Health Organization tomonidan ishlab chiqilgan tavsiyalar suvning kislotalik yoki ishqorlik darajasi (pH), suvdagi eritilgan moddalar miqdori (TDS-Total Dissolved Solids) va boshqa muhim ko'rsatkichlarini doimiy monitoring qilish zarurligini ta'kidlaydi. Shuningdek, United Nations hisobotlarida suv resurslarini boshqarishda internetga ulangan aqlli qurilmalar tizimi (IoT-Internet of Things) va raqamli texnologiyalarning ahamiyati keng yoritilgan [1-2].

Suvni filtrlash va tozalash texnologiyalari bo'yicha xorijiy olimlardan T.M.Missimer va J.G.Speight tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda membranali filtratsiya, xususan reverse osmosis texnologiyasining yuqori samaradorligi asoslab berilgan. Ularning ishlarida suvdagi erigan moddalar va zararli komponentlarni kamaytirishda zamonaviy filtrlash usullarining ustunligi ko'rsatib o'tilgan.

O'zbekiston olimlari tomonidan ham suv resurslarini boshqarish va ekologik xavfsizlik masalalari keng o'rganilgan. Jumladan, D.T.Muhamediyeva, A.J.Seytov, N.A.Mamatov, B.J.Turgunov, R.Abdullayev, D.A.Yusupova va B.Karimovlar tadqiqotlarida suv resurslarini muhofaza qilish, ichimlik suvi sifati yaxshilash va filtratsiya tizimlarini joriy etish masalalari yoritilgan. Ular suv sifati monitoring qilish va ekologik barqarorlikni ta'minlashda zamonaviy texnologiyalardan foydalanish zarurligini ta'kidlaydilar.

Shuningdek, mobil texnologiyalar sohasida I.Adelekan tomonidan Kotlin dasturlash tili asosida mobil ilovalar yaratish metodologiyasi ishlab chiqilgan bo'lib, bu yondashuv foydalanuvchi interfeysini samarali tashkil etish va real vaqt ma'lumotlarini qayta ishlash imkonini beradi. Bu esa suv monitoring tizimlarini mobil platformalarda joriy etish uchun muhim asos yaratadi [5].

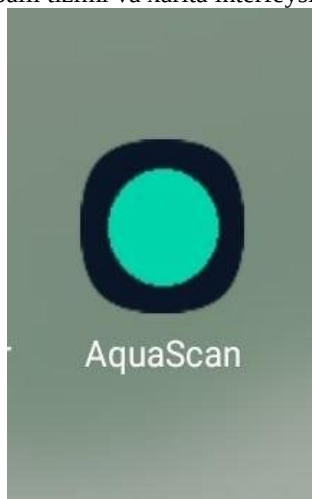
Tadqiqot metodologiyasi. AquaScan ilovasi suv sifati monitoringi va filtr tavsiyasini beruvchi tizim sifatida IoT sensorlar va sun'iy intellekt texnologiyalariga asoslangan (1-rasm). Tadqiqotning asosiy maqsadi foydalanuvchiga ichimlik suvining sifatini real vaqt rejimida kuzatish va mos filtr tavsiyalarini berishdir [8]. Ilovaning metodologiyasi quyidagi jarayonlarni o'z ichiga oladi:

- ma'lumot yig'ish: sensorlar orqali suvning asosiy ko'rsatkichlari (pH, TDS, harorat va loyqalik) real vaqt rejimida o'lchanadi (2-rasm).

- ma'lumotlarni saqlash va ishlash: ilova olingan ma'lumotlarni vaqtinchalik xotirada saqlaydi, kelajakda Android ilovalar uchun mo'ljallangan mahalliy ma'lumotlar bazasi kutubxonasi (Room DB bilan kengaytiriladi).

- tahlil va filtr tavsiyasi: mashinaviy o'rganish algoritmlari yordamida ma'lumotlar tahlil qilinadi va eng mos filtr turini tavsiya qiluvchi modul ishlaydi.

- vizualizatsiya: foydalanuvchiga natijalar graflar, sifat balli tizimi va xarita interfeysi orqali ko'rsatiladi.



1-rasm.



2-rasm.

AquaScan ilovasi qulay va intuitiv foydalanuvchi interfeysiga ega bo'lib, 5 ta asosiy oynalardan iborat. Har bir sahifa foydalanuvchiga suv sifatini monitoring qilish, tahlil natijalarini ko'rish va filtr tanlashni osonlashtiradi.

1. **Bosh sahifa (Home):** Bosh sahifa ilovaning markaziy oynasi bo'lib, foydalanuvchiga joriy suv ko'rsatkichlari – pH, TDS, harorat va loyqalik – to'g'ridan-to'g'ri ko'rsatiladi. Shuningdek, sifat ballari vizual indikatorlar bilan rangli tarzda taqdim etiladi. Bosh sahifada tezkor ogohlantirishlar va asosiy navigatsiya tugmalari joylashgan bo'lib, foydalanuvchi bir necha soniya ichida kerakli bo'limga o'tishi mumkin.

2. **Tahlil (Analysis):** Tahlil fragmenti sensorlardan olingan ma'lumotlarni vizual va interaktiv tarzda taqdim etadi. Bu bo'limda suv sifatining real vaqt ko'rsatkichlari avtomatik ravishda tahlil qilinadi va natijalarga asoslangan filtr tavsiyalari ro'yxati chiqariladi. Foydalanuvchi natijalarni batafsil ko'rib, qaysi filtr turini tanlash maqsadga muvofiq ekanini aniqlay oladi.

3. **Xarita (Map):** Xarita fragmenti OpenStreetMap texnologiyasi orqali foydalanuvchiga yaqin atrofdagi suv manbalari va filtr do'konlarini ko'rsatadi. Foydalanuvchi suv manbalarini yoki filtr do'konlarini filtrlash orqali ko'rish mumkin.

4. **Tarix (History):** Tarixiy tahlillar ro'yxati foydalanuvchiga oldingi natijalarni solishtirish va suv sifatidagi o'zgarishlarni kuzatishga yordam beradi.

5. **Profil (Profile):** Foydalanuvchiga ma'lumotlari, bildirishnomalar sozlamasi, til tanlash imkoniyati va ogohlantirish chegaralarini boshqarish imkonini beradi.

Shuningdek, foydalanuvchi ilova haqida ma'lumot olishi, shaxsiy sozlamalarni tahrirlashi va xavfsizlik parametrlarini sozlashi mumkin. Bu bo'lim ilovaning shaxsiylashtirilgan va qulay foydalanilishini ta'minlaydi.

WaterDataSimulator moduli yordamida ma'lumotlar simulyatsiya qilinadi. Parametrlar normal diapazonda o'zgaradi: pH: 6.5–8.5, TDS: 0 – 500 ppm, harorat 5 – 25°C, loyqalik 0 – 4 NTU. Simulyatsiya animatsion tahlil ekranida real vaqt rejimida ko'rsatiladi va foydalanuvchi interfeysini test qilish imkonini beradi.

Tahlil va natija. AquaScan ilovasi orqali olingan suv sifati ko'rsatkichlari foydalanuvchiga qulay va tushunarli shaklda taqdim etilishi uchun ma'lumotlar bir necha bosqichdan o'tadi. Ushbu bosqichlar suv sifatini aniq baholash va optimal filtr tavsiyalarini berish imkonini yaratadi.

1. **Normalizatsiya.** Ilovaga kiruvchi sensor ma'lumotlari dastlab turli o'lchov birliklarida va diapazonlarda bo'lishi mumkin. Masalan, pH darajasi 0 dan 14 gacha, TDS esa ppm (part per million) birliklarida ifodalanadi. Bu turli parametrlarni bir xil ko'rsatkichlar asosida solishtirish va tahlil qilish uchun ularni standartlashtirish normalizatsiya qilinishi zarur.

Normalizatsiya jarayonida har bir parametrga o'zining qabul qilingan normal diapazoniga keltiriladi va 0 dan 100 gacha bo'lgan standart ko'rsatkichga aylantiriladi. Bu tizimga ma'lumotlarni tenglashtirish imkonini beradi va keyingi bosqichda sifat bahosini hisoblashni soddalashtiradi.

2. **Sifat balli tizimi.** Ma'lumotlar normalizatsiyadan o'tgach, ilova suvning umumiy sifatini 0 dan 100 ballgacha baholaydigan tizimni qo'llaydi. Bu ball tizimi suvning ichishga yaroqliligi va xavfsizligini aniq va intuitiv tarzda ifodalaydi. Ballar quyidagi diapazonlarga bo'linadi:

- **80–100 ball (Yaxshi, yashil rang):** Suv sifat ko'rsatkichlari optimal darajada va ichimlik uchun to'liq yaroqli. Ushbu ko'rsatkichda suvda zararli moddalar yoki bakteriyalar yo'q yoki ularning darajasi xavfsiz chegarada bo'ladi. Foydalanuvchi bunday suvni sog'lom va xavfsiz deb qabul qilishi mumkin.

- **50–79 ball (O'rtacha, sariq rang):** Suvda ayrim ko'rsatkichlar me'yordan biroz tashqari bo'lishi mumkin. Bu holatda ilova suvni ichish uchun mos deb hisoblaydi, ammo filtr o'rnatish tavsiya etiladi. Masalan, TDS darajasi yuqori yoki loyqalik ko'rsatkichlari o'rtacha darajada bo'lishi mumkin.

- **0–49 ball (Yomon, qizil rang):** Suv ichish uchun yaroqsiz deb baholanadi. Bu holatda suvda zararli moddalar, bakteriyalar yoki ortiqcha zararli kimyoviy elementlar mavjudligi ehtimoli yuqori. Foydalanuvchiga darhol suvni filtrlash yoki boshqa manbadan suv olish tavsiya etiladi.

3. Filtr tavsiyasi. Sifat ballari va tahlil natijalariga qarab, AquaScan ilovasi suvni tozalash uchun eng mos filtr turini tavsiya qiladi (3-rasm). Har bir filtr turi suvdagi ma'lum muammolarni samarali bartaraf qilish uchun tanlangan:

- Reverse Osmosis (RO) filtr: Suvdagi pH muvozanatini tiklash, erigan moddalar (TDS) va mikroorganizmlarni 98% samarali yo'q qilish uchun mo'ljallangan. Bu filtr suvni juda toza va sog'lom holatga keltiradi, ayniqsa yuqori TDS ko'rsatkichlari bo'lgan suvlar uchun tavsiya etiladi.

- Aktivlashtirilgan ko'mir filtri: Suvning hid va ta'mini yaxshilashga qaratilgan. Ko'mir filtri suvdagi kimyoviy ifloslantiruvchilarni, klor va boshqa zararli moddalarni ushlab qoladi. Bu filtr suvning lazzatini oshiradi va ko'plab o'rtacha sifatdagi suvlar uchun samaralidir.

- UV Sterilizator: Suvdagi bakteriyalar, viruslar va mikroorganizmlarni sterilizatsiya qilish uchun ishlatiladi. Ushbu filtr biologik ifloslanishni bartaraf qilishda juda muhim bo'lib, xavfsiz ichimlik suvi ta'minlash uchun zarur.

- Sediment filtri: Suvda aralashgan qum, loy, zang va boshqa qattiq zarralarni tozalash uchun ishlatiladi. Bu filtr suvni tiniqligini oshiradi va suv tizimini boshqa filtrlar uchun tayyorlaydi.

Ilova foydalanuvchiga filtr turlarining samaradorligi va taxminiy narxlarini ham ko'rsatib, eng maqbul tanlov qilishga yordam beradi (4-rasm).



3-rasm.



4-rasm.

Mobil ilovalarda foydalanuvchi tajribasini yaxshilash va ma'lumotlarni qulay ko'rsatish muhim ahamiyatga ega. Shu nuqtai nazardan, AquaScan ilovasining xarita funksiyasi suv sifati monitoringi va filtr tanlash jarayonini intuitiv, vizual va interaktiv shaklda taqdim etadi. Ilovaning xarita moduli IoT sensorlar va ochiq ma'lumotlar bazalaridan olinadigan real vaqt ma'lumotlarini birlashtirib, foydalanuvchining joylashuvi asosida aniq va dolzarb ma'lumotlarni taqdim etadi. Bu esa nafaqat suv manbalarining sifati haqida xabardorlikni oshiradi, balki eng yaqin va mos filtr do'konlarini tanlashda ham yordam beradi [7].

Xarita funksiyasi uchun suv manbalari va filtr do'konlari haqidagi ma'lumotlar ikki manbadan olinadi:

1. IoT sensorlar va tashqi bazalar: Suv manbalari haqida real vaqt ma'lumotlar IoT sensorlaridan olinadi. Sensorlar pH, TDS, harorat va loyqalik kabi parametrlarni o'lchaydi va ularni serverga yuboradi. Shuningdek, davlat yoki shahar ma'muriyati tomonidan taqdim etilgan ochiq ma'lumotlar bazasidan suv manbalari joylashuvi va holati olinadi.
2. Filtr do'konlari ma'lumotlari: Filtr do'konlarining manzillari va xizmat turlari dastur yaratish jarayonida mahalliy manbalar va internet kataloglardan yig'iladi. Ushbu ma'lumotlar doimiy ravishda yangilanadi va ilova ma'lumotlar bazasiga integratsiya qilinadi.

Ilovaning xarita funksiyasi foydalanuvchiga quyidagi imkoniyatlarni taqdim etadi:

- **Rejim tanlash:** Foydalanuvchi "Suv manbalari" yoki "Filtr do'konlari" rejimlari orasidan tanlov qilishi mumkin. Bu rejimlarga mos ravishda xaritada faqat tegishli obyektlar ko'rsatiladi.

- **Markerlar va ko'rsatkichlar:** Har bir suv manbai va do'kon markerlar yordamida xaritada belgilanadi. Markerlar ustiga bosilganda, unga tegishli tafsilotlar oynasi ochiladi. Suv manbalari uchun sifat ko'rsatkichlari, filtr do'konlari uchun esa xizmatlar va aloqalar ma'lumotlari taqdim etiladi.

- **Masofa hisoblash:** Foydalanuvchi o'zining hozirgi joylashuvi asosida yaqin atrofdagi suv manbalari yoki filtr do'konlari masofasini ko'rish mumkin. Bu ma'lumot GPS va mobil qurilmaning joylashuv xizmati orqali aniqlanadi.

- **Filtrlash funksiyasi:** Xarita ustida filtrlar qo'llanilib, masalan, faqat yuqori sifatli suv manbalari yoki ma'lum narxdagi filtr do'konlari ko'rsatiladi.

AquaScan ilovasi yordamida olingan ma'lumotlar tahlili foydalanuvchiga suv sifati haqidagi real vaqt ko'rsatkichlarini tushunishni osonlashtiradi. Ilova pH, TDS, harorat va loyqalik parametrlarini avtomatik ravishda o'lchab, sifat ballari tizimi orqali natijalarni rangli vizual indikatorlar bilan taqdim etadi. Bu foydalanuvchiga suvning ichimlik uchun yaroqliligi, kerak bo'lsa filtr tanlash ehtiyoji va suv manbalarining holati haqida aniq ma'lumot beradi.

Shuningdek, interaktiv xarita orqali yaqin atrofdagi suv manbalari va filtr do'konlari haqida to'liq tasavvur hosil bo'ladi. Shu tariqa ilova nafaqat ma'lumot yig'ish va tahlil qilish, balki foydalanuvchi qarorlarini qo'llab-quvvatlash funksiyasini ham samarali bajaradi.

Xulosa va takliflar. AquaScan ilovasi foydalanuvchilarga suv sifati monitoringini real vaqt rejimida amalga oshirish va mos filtrlarni tavsiya qilish imkonini beradi. Ilova yordamida aholiga o'z suv manbalarining holati va sifatini kuzatish, sog'lom turmush tarzini ta'minlash uchun to'g'ri qarorlar qabul qilish qulayligi yaratiladi. IoT sensorlar bilan integratsiya va interfeys takomillashuvi loyihani ichimlik suvi sifati monitoringida yanada samarali va ishonchli yechimga aylantiradi.

Adabiyotlar

1. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. – Geneva: «WHO Press», 2022.
2. United Nations. The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water. – Paris: UNESCO Publishing, 2023.
3. Сейтов А.Ж., Жумамуратов Д.К. Оптимальные управления водными ресурсами крупных магистральных каналов с каскадами насосных станций. // Journal of Advances in Engineering Technology, 2024, T. 4(16). – С. 95-101.

4. Сенько Е.В. Программирование приложений для мобильных устройств под управлением Android. – Москва: «Ridero», 2017.
5. Аделекан И. Kotlin: Программирование на примерах. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2020.
6. Abdullayev R., Karimov B. Ekologiya va suv resurslarini boshqarish. – Toshkent: «Fan va texnologiya», 2019.
7. Kamolova M.F. AquaScan Mobile App Capabilities for Water Quality Monitoring and Filter Recommendation. // International Multidisciplinary Research Conference. – Toronto, Canada, 2026, March 9.
8. Kamolova M.F. Sun'iy intellekt asosida suv sifati va filtr tavsiyasi beruvchi mobil ilova imkoniyatlari. // Sun'iy intellekt texnologiyalarining fan va ta'limda joriy etish tajribasi: muammo va istiqbollari respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari. – Navoiy, 2026.
9. Xalilov Sh. Mobil ilovalarni yaratish asoslari. – Toshkent: O'zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2021.