

IoT SENSORLARI ASOSIDA GIDROGEOLOGIK MONITORING TIZIMI

Nazira Abroqulova¹,

Jamoljon Djumanov²,

Ma'rufjon Bolbekov³

¹*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent
axborot texnologiyalari universiteti tayanch
doktaranti abroqulovanazira@gmail.com*

²*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot
texnologiyalari universiteti Kompyuter tizimlari
kafedrası professori: jamoljon@mail.ru*

³*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot
texnologiyalari universiteti Samarqand filiali katta
o'qituvchi: shahriyovvsshahrambek@gmail.com*

Annotatsiya. Ushbu maqolada IoT (Internet of Things) texnologiyalari asosida gidrogeologik monitoring tizimini yaratish masalasi yoritilgan. Yer osti suvlarining sathi, harorati va namligi kabi parametrlarni masofadan real vaqt rejimida kuzatish imkonini beruvchi aqlli tizim ishlab chiqildi. Monitoring tizimi ESP32 mikrokontrolleri asosida loyihalashtirilib, unga DHT22 harorat va namlik sensori, HC-SR04 ultratovushli masofa o'lchagichi, OLED displey va LED indikator ulandi. Qurilma Wokwi onlayn simulyatsiya muhiti orqali sinovdan o'tkazildi. Natijalarda masofa 20 metr, harorat 20°C, namlik 69% ni tashkil etdi. Ushbu yechim orqali gidrogeologik parametrlarni avtomatik aniqlash, ogohlantirish tizimlarini yaratish hamda ekologik xavfsizlikni ta'minlash imkoniyatlari ko'rib chiqildi. Tizim arzon, ishonchli va kengaytiriladigan bo'lib, ilmiy izlanishlar va amaliy monitoring loyihalari uchun muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: IoT, gidrogeologik monitoring, ESP32, DHT22, HC-SR04, yer osti suvlari, real vaqt rejimi, simulyatsiya, namlik, harorat, masofa o'lchash, intellektual

tizimlar, Wokwi, aqlli monitoring, bulutli hisoblash, OLED displey, sensorlar, suv resurslari boshqaruvi, ekologik xavfsizlik.

Bugungi kunda global iqlim o'zgarishlari, yer osti suvlari tanqisligi va ularning ifloslanishi gidrogeologik monitoring tizimlarining ahamiyatini yanada oshirmoqda. An'anaviy monitoring tizimlari ko'p hollarda qimmat, murakkab va sekin ishlaydigan tizimlar hisoblanadi. Shu sababli zamonaviy texnologiyalar, xususan Internet of Things (IoT) texnologiyasi asosida real vaqtli, avtomatlashtirilgan va samarali monitoring tizimlarini yaratish dolzarb masalalardan biri bo'lib qolmoqda.

Ushbu maqolada IoT texnologiyasi yordamida yer osti suv sathini, bosimini, haroratini va boshqa muhim gidrogeologik parametrlarni aniqlash va tahlil qilish imkoniyatini beruvchi raqamli monitoring tizimi ishlab chiqiladi. Bu tizim sensorlar orqali ma'lumotlarni to'plab, ularni simsiz tarmoq orqali markaziy serverga uzatadi, tahlil qiladi va vizual interfeysda taqdim etadi.

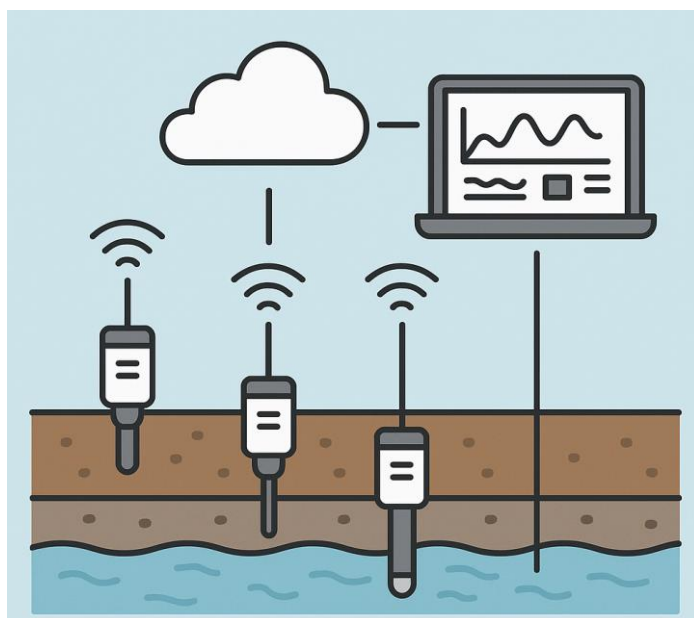
Gidrogeologik monitoring – bu yer osti suvlarining holatini, sathi, sifati va harakatini doimiy yoki davriy tarzda kuzatish, o'lchash va tahlil qilish jarayonidir. Uning asosiy maqsadi – suv resurslarining barqaror holatini saqlab qolish, ularning ekologik xavfsizligini ta'minlash va suvdan oqilona foydalanish imkonini yaratishdan iborat.

Monitoringning asosiy vazifalari:

- ✓ Yer osti suvlarining miqdoriy va sifat ko'rsatkichlarini aniqlash;
- ✓ Suv sathining o'zgarishini vaqt bo'yicha kuzatish;
- ✓ Ifloslanish darajasi va manbalarini aniqlash;
- ✓ Suv oqimi va yoyilish yo'nalishlarini belgilash;
- ✓ Ekstremal holatlarda (masalan, qurg'oqchilik, toshqin) tezkor axborot yetkazish.

Zamonaviy gidrogeologik monitoring tizimlarini ishlab chiqishda Internet of Things (IoT) texnologiyasi muhim rol o'ynaydi. IoT — bu turli fizik qurilmalarni internet orqali bir-biriga bog'lab, axborot almashuvini va masofadan boshqarishni

ta'minlovchi texnologiyalar to'plamidir. Hidrogeologik monitoringda IoT sensorlari suv sathi, harorat, bosim, pH darajasi kabi muhim parametrlarni aniqlaydi va ularni mikrokontroller orqali ma'lumot uzatish modullariga (masalan, Wi-Fi yoki GSM/LTE) yuboradi.[1-2] Bu ma'lumotlar real vaqt rejimida server yoki bulutli platformalarga uzatiladi va u yerdan foydalanuvchi interfeysiga chiqariladi. Tizim quyidagi asosiy qismlardan tashkil topadi: sensorlar moduli (DS18B20, HC-SR04, BMP180), mikrokontroller (ESP32, Arduino), aloqa moduli (Wi-Fi, NB-IoT yoki LoRa), ma'lumotlarni qabul qiluvchi va saqlovchi server (Thingspeak, Firebase, Mosquitto MQTT), hamda foydalanuvchi interfeysi (web-panel yoki mobil ilova). Ushbu arxitektura energiyatejamkor, kengaytiriladigan va ekologik xavfsizlikni ta'minlovchi yechim sifatida ajralib turadi.[3] Loyihaning dastlabki prototipi Wokwi muhitida simulyatsiya qilinib, haqiqiy sharoitda ishlash imkoniyatlari tahlil qilinadi. IoT asosidagi yondashuv nafaqat monitoring jarayonini soddalashtiradi, balki avtomatik ogohlantirish tizimlari, sun'iy intellekt orqali bashoratlash va masofaviy boshqaruv imkoniyatlarini ham yaratadi. Buning arxitekturasini vizual tasviri 1 – rasmda keltirilgan.



1 – rasm IoT (Internet of Things) sensorlari asosida ishlab chiqilgan gidrogeologik monitoring tizimi

1 – rasmda tasvirlangan tizim – bu IoT (Internet of Things) sensorlari asosida ishlab chiqilgan gidrogeologik monitoring tizimi bo‘lib, u yer osti suv sathi, namlik, harorat va boshqa geofizik ko‘rsatkichlarni real vaqtda kuzatish imkonini beradi. Tizimning asosiy komponentlari — turli chuqurliklarga o‘rnatilgan IoT sensorlar bo‘lib, ular yer osti qatlamlaridan olinayotgan ma’lumotlarni simsiz aloqa (Wi-Fi, LoRa yoki Zigbee) orqali markaziy serverga, ya’ni bulutli hisoblash tizimiga uzatadi. Bulutda ushbu ma’lumotlar saqlanadi, qayta ishlanadi va grafik yoki analitik shaklda monitoring tizimiga — kompyuter yoki mobil qurilmaga uzatiladi. Ushbu yechim yordamida geologlar, ekologlar yoki favqulodda vaziyatlar xizmatlari uzoq masofadan turib, yer osti suvlarining o‘zgarishini aniqlab, xavfli holatlarning oldini olish yoki ilmiy tahlillarni osonlik bilan olib borishlari mumkin. Bu monitoring tizimi doimiy va avtomatlashtirilgan bo‘lib, inson omilidan holi tarzda aniq va tezkor ma’lumotlar taqdim etadi.[4]

Biz buni real xolatda simulatsiya qilish uchun Wokwi Online dasturidan foydalanildi. Biz Wokwida ESP32 mikrokontrolleri asosida qurilgan tizimni yaratdik. Quyida har bir komponent va ularning vazifasi 1 jadvalda tushuntirilgan.

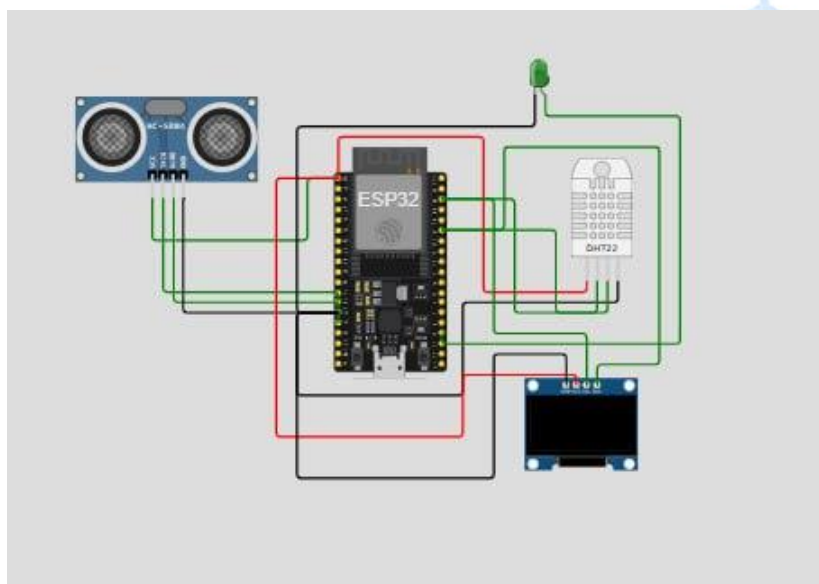
1 – jadval

Tizim komponentlari va ularning vazifalari

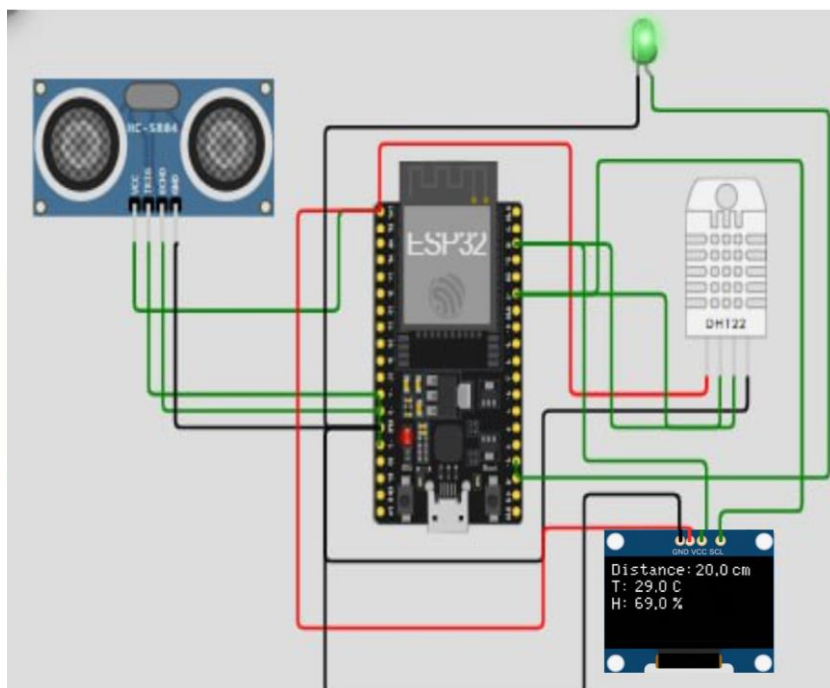
Komponent	Tavsifi va vazifasi
ESP32	Markaziy boshqaruv qurilmasi. Sensorlardan ma’lumot oladi, qayta ishlaydi va displeyga uzatadi. Wi-Fi moduli mavjud.
Ultrasonik sensor (HC-SR04)	Suv sathini o‘lchash uchun ishlatiladi. Sensor suv yuzasigacha bo‘lgan masofani o‘lchaydi va ESP32 ga uzatadi.
DHT22 (yoki DHT11)	Harorat va namlik sensoridir. Tizim atrof-muhit sharoitini kuzatadi.
OLED displey (SSD1306)	O‘lchov natijalari: harorat, namlik, suv sathi kabi ma’lumotlarni ko‘rsatadi.

LED (yashil)	Suv sathi xavfsiz holatda ekanligini bildirish uchun ishlatiladi. Boshqa holatlarda qizil LED ham ishlatilishi mumkin.
----------------------------	---

Quyidagi 2 -rasmda ESP32 mikrokontroller markaziy boshqaruvchi sifatida ishlatilgan bo'lib, unga uchta asosiy qurilma ulangan: HC-SR04 ultratovushli sensor (chapda), DHT22 harorat va namlik sensori (o'ngda) hamda OLED displey (pastda). HC-SR04 sensorining TRIG va ECHO pinlari ESP32 ning GPIO pinlariga ulanib, masofani o'lchaydi. DHT22 esa havoning harorati va namligini o'lchaydi, uning ma'lumot chiqish pini ESP32 ga ulangandir.[5-6] OLED displey orqali barcha sensorlardan olingan ma'lumotlar vizual tarzda ko'rsatiladi. Bundan tashqari, sxemada LED diod ham mavjud bo'lib, u ogohlantirish signalizatsiyasi uchun ishlatiladi. Masalan, agar suv sathi kritik darajaga tushsa yoki harorat/natijalar chegaradan oshsa, bu LED yonib foydalanuvchini ogohlantiradi. Tizim energiyani 3.3V orqali oladi va umumiy GND liniyasi bilan barcha qurilmalar yerga ulangan. IoT asosidagi qurilgan gidrogeologik monitoring tizimini simulatsiya natijalarini 3 – rasmda keltirdik.



2 – rasm IoT sensorlari asosida Wokwida ESP32 mikrokontrolleri asosida qurilgan.



3 – rasm IoT asosidagi qurilgan gidrogeologik monitoring tizimini simulatsiya natijalari

Ushbu maqolada IoT texnologiyalari asosida gidrogeologik monitoring tizimi ishlab chiqildi. Tizim ESP32 mikrokontrolleri asosida qurilib, unga DHT22 harorat va namlik sensori, HC-SR04 ultratovushli masofa o'lhagichi, OLED displey va LED indikator ulandi. Qurilma Wokwi virtual simulyatsiya muhiti orqali loyihalashtirildi va dasturlashtirildi. Ishlab chiqilgan model real vaqt rejimida gidrogeologik parametrlarni — suv sathi, harorat va namlikni uzluksiz kuzatish imkonini berdi.

Tizim sinovdan o'tkazilganda quyidagi natijalar kuzatildi: masofa 20 metr, harorat 20°C, namlik 69%. Bu ko'rsatkichlar monitoring jarayonining barqaror ishlashini va sensorlar o'z vazifasini to'liq bajarayotganini isbotlaydi. Yaratilgan IoT monitoring tizimi kelajakda yer osti suvlari sathini, tuproqdagi namlikni va atrof-muhit haroratini avtomatik tarzda kuzatishda keng foydalanish imkonini beradi. Ushbu loyiha tabiiy resurslarni boshqarish, suv toshqinlari va ekologik xavflarning oldini olishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar

1. Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: a survey. *Computer Networks*, 38(4), 393–422. [https://doi.org/10.1016/S1389-1286\(01\)00302-4](https://doi.org/10.1016/S1389-1286(01)00302-4)
2. Santos, A., Souza, J., Silva, R., & Barros, C. (2021). Real-Time Monitoring of Groundwater Using IoT: A Case Study in Brazil. *Sensors*, 21(5), 1653. <https://doi.org/10.3390/s21051653>
3. Bakar, A. A., Aziz, S. A., & Zainuddin, N. H. (2020). Development of IoT-Based Soil and Water Monitoring System for Agriculture. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 12(1), 89–93.
4. Ali, M. A., & Hassan, R. (2019). Internet of Things (IoT) Based Smart Soil Monitoring System. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 11(3-2), 99–102.
5. Wokwi Simulations Platform (2023). Wokwi IoT simulator documentation. Retrieved from: <https://docs.wokwi.com/>