UDK 631.6.02

SUV RESURSLARINI MONITORING QILISH TEXNOLOGIYALARINING TAHLILI VA IoT TEXNOLOGIYASINING IMKONIYATLARI.

Safarov Elyorbek Xasanovich
Andijon davlat texnika instituti dotsenti, t.f.f.d.
0000-0003-2985-7932
E-mail: elyorbeksafarov7@gmail.co
Tel: +998937819264
Tillayeva Dilobar Abdugoffor qizi
0009-0004-6604-3211
Andijon davlat texnika instituti magistranti
tel: +998 94 564 10 04

Annotatsiya. Ushbu maqolada suv resurslari turlari, ulardan foydalanish darajasi, suv resurslarini monitoring qilishning an’anaviy va zamonaviy usullari, ularning tavsifi bayon qilingan. Suv resurslaridan foydalanish darajasi butun dunyo va mamlakat miqyosida diagrammalar ko‘rinishida ko‘rsatilgan. Shuningdek, an’anaviy usullar va zomonaviy usullarning xususiyatlari bo‘yicha taqqoslash jadvallari keltirilgan. Zamonaviy usullarning yutuqli jihatlari tahlil qilinib, ular ichidan eng ma’quli sifatida IoT texnologiyalariga asoslangan monitoring tizimi tanlab olingan. Suv resurslarini monitoring qilishda IoT texnologiyasidan foydalanishning yutuqli tomonlari va imkoniyatlari keng yoritilgan.

Kalit so’zlar: suv resurslari, monitoring tizimi, monitoring qilish texnologiyalari, yer usti va yer osti suvlari, IoT texnologiyasi, sun’iy suv havzalari

Аннотация. В данной статье описаны виды водных ресурсов, степень их использования, традиционные и современные методы мониторинга водных ресурсов, их описание. Уровень использования водных ресурсов представлен в виде диаграмм по всему миру и по стране. Также приведены сравнительные таблицы по характеристикам традиционных методов и современных методов. Были проанализированы выигрышные аспекты современных методов, из которых наиболее предпочтительной была выбрана система мониторинга, основанная на технологиях IoT. Широко освещаются выигрышные аспекты и возможности использования технологии IoT в мониторинге водных ресурсов.

Ключевые слова: водные ресурсы, система мониторинга, технологии мониторинга, поверхностные и подземные воды, технология IoT, искусственные водоемы

ISSN 3030-3907

Annotation. This article describes the types of Water Resources, the degree of their use, traditional and modern methods of monitoring water resources, their description. The level of use of Water Resources is shown in the form of diagrams worldwide and nationally. Comparative tables are also given on the characteristics of traditional methods and temporal methods. The breakthrough aspects of modern methods have been analyzed and a monitoring system based on IoT technologies has been selected as the most important of them. The breakthrough aspects and possibilities of using IoT technology in water resource monitoring are widely covered.

Keywords: Water Resources, monitoring System, monitoring Technologies, surface and groundwater, IoT technology, artificial water bodies

Kirish

Suv resurslari foydalanish uchun yaroqli bo‘lgan yer usti, yer osti suvlari va tuproqdagi nam zaxiralari (yer usti qatlamlari, qutb va baland tog‘ muzliklari, yirik ko‘llar va shu kabida to‘plangan chuchuk suvlar) va qayta tiklanadigan (daryo oqimlari, yer osti suvlarining o‘zgaruvchan va dinamik zaxiralari, ko‘llar hajmining bir qismi va boshqalar) turlarga bo‘linadi. Suv resurslari deganda suv ob’yektlari – daryo, ko‘l, dengizlar ham tushuniladi, chunki ulardan kema qatnovi, gidroenergetika, baliq xo‘jaligi, dam olish, turizm va boshqa maqsadlarda foydalaniladi [1]. Gidrosferadagi turg‘un suv zaxiralarning faqat 2,5% gina chuchuk suv (uning faqat salkam 1% idan kishilar foydalana oladilar), 70% muzliklar, qolgani tuproq nami shaklida. Daryolar, oqar ko‘llar va ko‘pchilik yer osti suvlari ham chuchuk. Yerning Dunyo okeani, yer osti suvlari, muzliklar, tuproqdagi nam, daryo(o‘zan) suvlari, atmosfera bug‘lari— gidrosferada, ayrim hisob kitoblarga ko‘ra, 1 454 327,2 ming km³ turg‘un suv resurslari bor. Nazariy jihatdan suv resurslari bitmas tuganmas, chunki bu resurslardan oqilona foydalanilganda suv resurslari aylanib yangilanib turadi. Lekin ko‘pgina mamlakatlarda suv resurslaridan qishloq xo‘jaligi, sanoat, kommunal xo‘jaligi va boshqa maqsadlarda foydalanishning ortishi hamda turli omillar ta’sirida, birinchi navbatda ishlatiladigan iflos suvlarni tozalamay daryo va ko‘llarga oqizilishidan suv manbalarining ifloslanishi natijasida 20-asr oxiriga kelib insoniyat oldida suv taqchilligi muammosi paydo bo‘ldi [2]. Tog‘oldi va sug‘orma mintaqalarda yer osti suvlari, asosan, yer usti suvlari hisobiga to‘yinadi. Daryo va yer osti suvlarining suv resurslari o‘zaro bir-biriga bog‘liq. Yer osti suvlaridan juda katta miqdorda foydalanish daryo oqimini kamaytirib yuboradi. O‘rta osiyoning sug‘orma dehqonchilik mintaqalarida daryo suvlarining yillik resurslari 114 km³ ni, jumladan, Amudaryoda (Zarafshon va Qashqadaryo bilan birga) – 74,7 km³, Sirdaryoda – 39 km³, Tajan va Murg‘obda – 2,4 km³ ni tashkil etadi. Suv resurslari

ISSN 3030-3907

hududiy jihatdan notekis joylashgan bo‘lib, tog‘larda hosil bo‘lsada, keng tarmoqli sug‘orish kanallari yordamida, asosan, tekisliklarda foydalaniladi [3].

Bugungi kunda dunyo bo‘yicha ichimlik suvi tanqisligi keskinlashib bormoqda. Aholi sonining o‘sishi, sanoat va qishloq xo‘jaligidagi suvga bo‘lgan talabning ortishi, iqlim o‘zgarishi va ekologik muammolar mavjud suv resurslariga bosimni kuchaytirmoqda. Shu bilan birga, suv resurslarini boshqarish va monitoring qilishda an’anaviy usullar yetarli darajada samarali emas. Suv yo‘qotishlari, sifatsiz nazorat va vaqtida aniqlanmagan muammolar suvdan oqilona foydalanishni cheklamoqda. Bu esa innovatsion texnologiyalar, xususan IoT asosidagi yechimlarni joriy etish zaruratini yuzaga keltiradi. Quyida mavjud suv resurslaridan foydalanish darajasi va IoT texnologiyasining suv resurslarini nazorat qilishdagi roli haqidagi tadqiqotlarimizni bayon qilamiz.

Asosy qism.

1. Suv resurslari turi va tavsifi, suv resurslaridan foydalanish darajasi.

Maqolaning kirish qismida suv resurslari nimaligi haqida umumiy tushunchalarni keltirib o’tgan edik. Suv resurslarining turi va tavsifi to’g’risida 1-jadvalda tanishishimiz mumkin.

1-jadval.

Suv resurslari turi va tavsifi.

Suv resurslari turi	Suv resurslari tavsifi
Yer usti suvlari	Daryo, ko’l, dengiz, suv omborlari
Yer osti suvlari	Qazilgan quduqlar, artezian suvlari
Sun’iy suv havzalari	Irrigatsiya tizmidagi suvlar, sanoatdagi qayta foydalaniladigan suvlar
Atmosfera suvlari	Yomg’ir, qor, tuman
Muzliklar	Tog’ muzliklari, qutb muzliklari

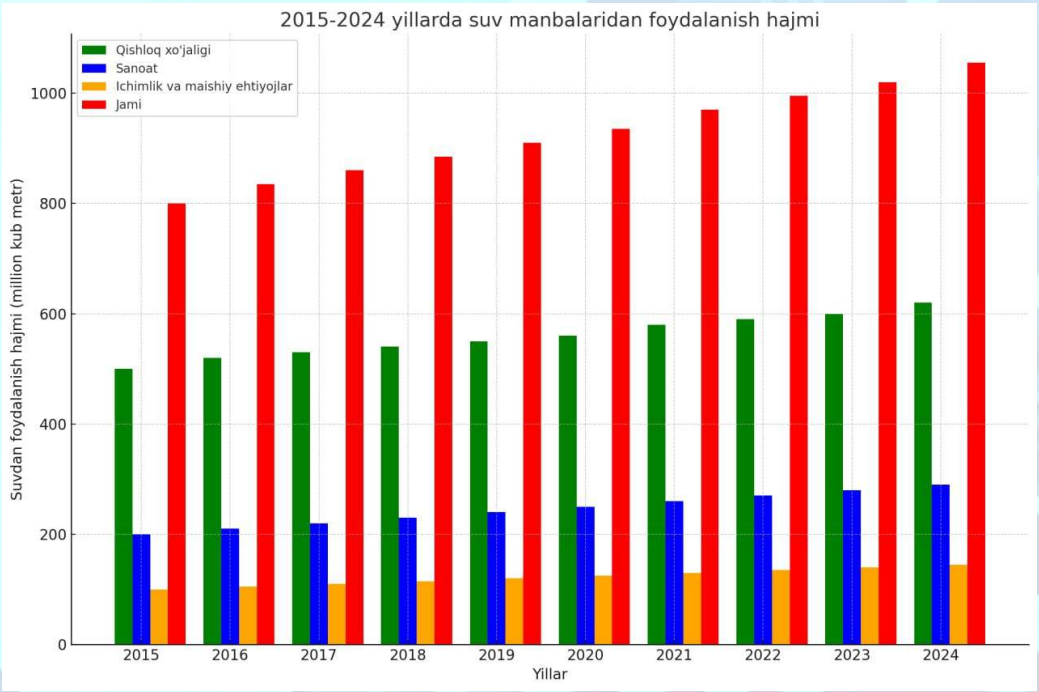
Jadvalda keltirilgan ma’lumotlar suv resurslaridan foydalanish darajasiga ko’ra tartiblangan, ya’ni yer usti suvlaridan eng ko’p, muzliklardan eng kam foydalaniladi. Ushbu ma’lumotlarni diagramma ko’rinishida foiz ulushlarida ko’rishimiz mumkin (1-rasm).

ISSN 3030-3907



1-rasm. Suv manbalaridan foydalanish ulushi grafigi.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, dunyo miqyosida eng ko'p istemol qilinadigan va foydalaniladigan suv manbalari bu yer usti hamda yer osti suvlari hisoblanadi. mazkur manbalar tabiatda tabiiy ravishda mavjud bo'lib, doimiy tabiiy aylanib turadi. Qishloq xo'jaligi va aholi iste'moli uchun ham ushbu suv manbalardan foydalaniladi. Aholi sonining yildan yilga ortib borishi mazkur manbalar iste'molining ortib borishiga bevosita sabab bo'lmoqda. Quyida suvdan turli tarmoqlarda foydalanish darajasini yillar kesimida ko'rishimiz mumkin (2-rasm).



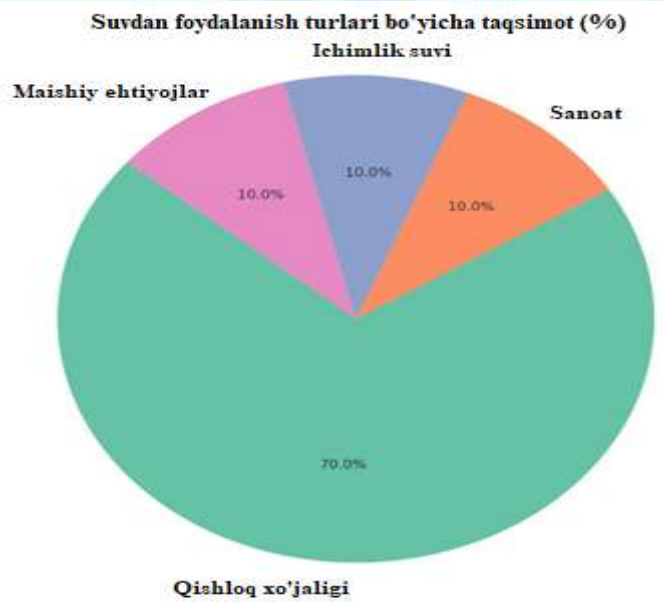
2-rasm. Suv resurslaridan turli tarmoqlarda foydalanish ko'rsatkichlari.

Rasmda keltirilgan ma'lumotlardan bilish mumkinki, dunyoda eng ko'p suv iste'moli qishloq xo'jaligiga to'g'ri kelmoqda. Ikkinchi o'rinda esa sanoat tarmogi

ISSN 3030-3907

turadi. Suv resurslarini tejashda va tejash tizimlarini ishlab chiqishda ushbu ma’lumotlarni alohida e’tiborga olish kerak [4].

Yuqorida keltirilgan ma’lumotlarni umumiy ko’rinishda dunyo miqyosida suv iste’moli bo’yicha tarmoqlar ulushini quyidagi rasmdagi diagrammada ko’rishimiz mumkin (3-rasm).



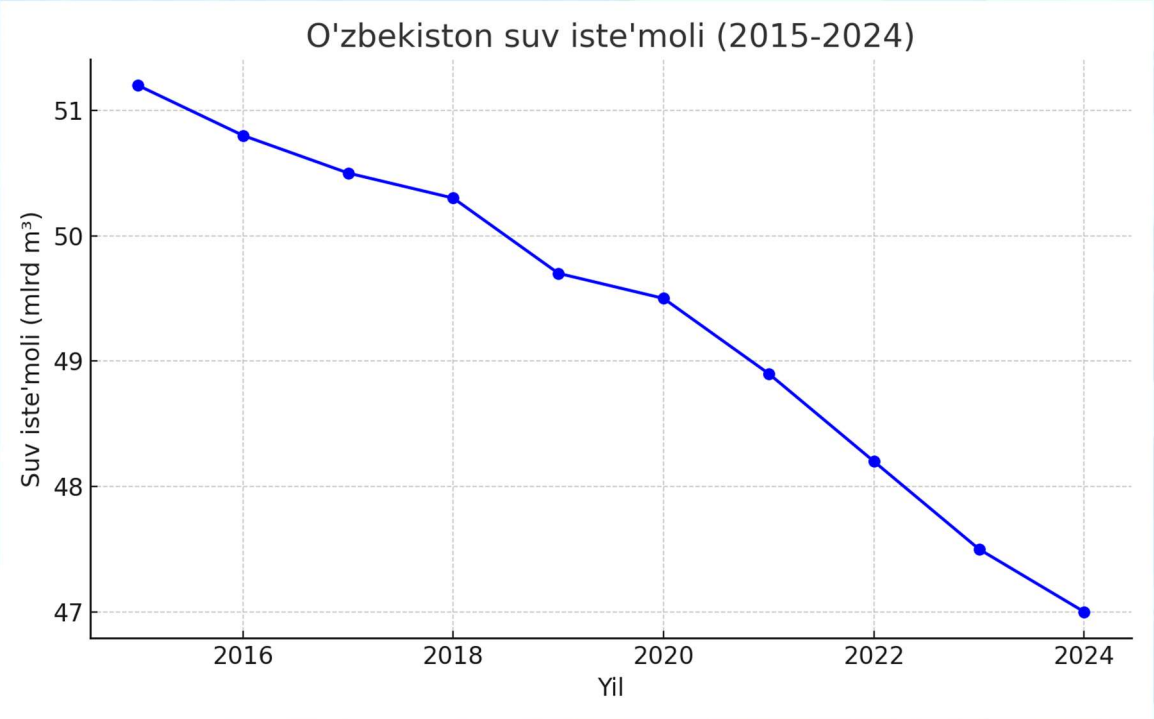
3-rasm. Suvdan foydalanish bo’yicha taqsimot (%).

Suv manbalaridan eng ko’p qishloq xo’jaligi tarmog’i iste’mol qiladi va umumiy iste’molning 70% ini tashkil etmoqda, sonat sohasi iste’moli 10%, ichimlik suvi va maishiy ehtiyojlar uchun suv sarfi teng miqdorda 10% ni tashkil ermoqda.

Yuqorida suv iste’moli bo’yicha qilingan tahlillar asosida keltirilgan ma’lumotlardan bilish mumkinki, suvning eng ko’p iste’moli qishloq xo’jaligiga to’g’ri kelmoqda.

Mamlakatimizning asosiy maydonlari sug’riladigan, unumdor yerlar bo’lgani, shuningdek, aholining aksar qismi qishloq joylarida istiqomat qilishi, agrar sohaning rivojlanganligi, aholi sonining yildan yilga salmoqli o’sishi suv iste’molini optimallashtirishni, tejovchi texnologiyalarni jorish etilishi zarurligini ko’rsatadi. Shu sohada qilingan islohotlar natijasida suv iste’moli bo’yicha sezilarli natijalarga erishilib kelinmoqda. Buni 4-rasmda ko’rishimiz mumkin.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Suv iste'molini O'zbekiston misolida o'zgarish grafigi.

Rasmdan ko'rinib turubdiki, mamlakatda suv resurslaridan oqilona foydalanish, sohaga yangi texnologiyalarni joriy qilish orqali iste'molni optimallashtirishga erishilmoqda [5, 6].

2. Suv resurslarini monitoring qilishning an'anaviy usullari va zamonaviy texnologiyalar.

Yuqorida keltirganimizdek, suv resurslari bir qancha turlarga bo'linadi. Mavjud resurslardan oqilona foydalanish davrning dolzarb masalalaridan biri bo'lib qolayotgan bir vaziyatda, resurslarni to'g'ri taqsimlash va doimiy ravishda monitoring qilib borish masalaning muhim yechimi sifatida namoyon bo'ladi. Hozirgi axborot texnologiyalari rivojlangan bir bosqichda buni amalga oshirish mumkin. Dastlab suv resurslarini monitoring qilishning an'anaviy usullari bilan tanishib chiqamiz.

Suv resurslarini monitoring qilishning an'anaviy (klassik) usullari yillar davomida qo'llanilgan va hali ham ko'plab hollarda ishonchli hisoblanadi. Quyida ularning asosiy turlari keltirilgan [7-9]:

1. Gidrometrik kuzatuvlar:

• daryo oqimlarini o'lchash: maxsus o'lchov stansiyalarida daryo sathi va oqim tezligi aniqlanadi.

• oqim sarfini aniqlash: tezlik va kesim maydoniga asoslangan hisob-kitoblar orqali suv sarfi aniqlanadi.

2. Yomg'ir miqdorini o'lchash:

ISSN 3030-3907

• pluviometrlar (yomg‘ir o‘lchagichlar): maxsus idishlarda yog‘ingarchilik miqdori o‘lchanadi, kundalik yoki oylik tarzda qayd etiladi.

• pluviograf: yomg‘irning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini grafik tarzda yozib boradi.

3. Yer osti suvlari monitoringi:

• quyuvchilar va observatsion quduqlar orqali: suv sathi maxsus o‘lchov asboblari (masalan, elektrostatik darajamerlar) yordamida muntazam nazorat qilinadi.

• qo‘l bilan o‘lchash (klassik usul): maxsus lenta yoki o‘lchagich yordamida quduqdagi suv darajasi o‘lchanadi.

4. Suv sifatini tahlil qilish (laboratoriya sharoitida):

• suv namunalarini yig‘ish: ma’lum nuqtalardan suv namunasi olinadi.

• fizik-kimyoviy analizlar: harorat, pH, elektr o‘tkazuvchanlik, loyqalilik, nitratlar, temir va boshqa tarkibiy qismlar laboratoriyada tahlil qilinadi.

5. Kuzatuv jurnallarini yuritish:

• har bir monitoring nuqtasida natijalar qo‘lda yoki maxsus blankalarda qayd etiladi.

• ma’lumotlar keyinroq statistik va grafik usullarda tahlil qilinadi.

6. Vizual baholash:

• suv sathi, rangi, loyqaligi kabi parametrlar shunchaki inson ko‘zi orqali baholanadi.

• odatda, mahalliy aholi yoki suv xo‘jaligi hodimlari tomonidan amalga oshiriladi.

An'anaviy monitoring usullari ko'plab sohalarda uzoq yillar davomida qo'llanilib kelinishiga qaramay, ba'zi cheklovlarga ega:

✓ ma'lumotlarni uzluksizligi va to'liqligi: an'anaviy kuzatuv tizimlari ko'pincha ma'lumotlarni to'plashda uzilishlar yoki cheklovlarga duch keladi, bu esa tizimning samaradorligini pasaytiradi.

✓ atrof-muhit sharoitlariga ta'siri: ob-havo sharoitlari, yer tuzilishi va boshqa tabiiy omillar an'anaviy monitoring usullarining aniqligiga ta'sir ko'rsatishi mumkin.

✓ texnologik cheklovlar: an'anaviy usullar zamonaviy texnologiyalar bilan solishtirganda cheklangan imkoniyatlarga ega bo'lishi mumkin, masalan, ma'lumotlarni real vaqtda uzatish yoki tahlil qilishda qiyinchiliklar yuzaga kelishi mumkin.

✓ ma'lumotlarni tahlil qilishdagi qiyinchiliklar: katta hajmdagi ma'lumotlarni qo'lda tahlil qilish vaqt oladi va xatolarga olib kelishi mumkin [4].

ISSN 3030-3907

Tanishib o'tganimizdek, an'anaviy usullar ma'lum noqulayliklarni keltirib chiqaradi. Yuqorida keltirilgan an'naviy usullar yordmida mavjud suv resurslarini bugungi kun talabi bo'yicha monitoring qilish mushkul masala. Shuning uchun zamonaviy usullarga murojaat qilish kerak bo'ladi. Hozirda suv resurslari monitoringini tashkil etuvchi bir qancha zamonaviy usullar mavjud [10-14].

Suv resurslarini monitoring qilishning zamonaviy texnologiyalari:

1. Masofaviy zondlash (Remote Sensing): sun'iy yo'ldoshlar orqali suv havzalarining holati, sathi, ifloslanish darajasi va o'zgarishlari kuzatiladi.

2. IoT (Internet of Things) texnolgiyasi asosida: real vaqt rejimida suv sathi, harorati, kimyoviy tarkibi va oqim tezligini o'lchaydigan datchiklar, ma'lumotlar simsiz tarmoqlar orqali markazga yuboriladi.

3. Mobil monitoring tizimlari: mutaxassislar maxsus ilovalar orqali joyida ma'lumot to'plash, fotosuratlar yuklash, GPS koordinatalar bilan monitoring qilishadi.

4. Bulut texnologiyasi va Big Data: yig'ilgan monitoring ma'lumotlari bulutli platformalarda saqlanadi, qayta ishlanadi va tahlil qilinadi; ko'p yillik ma'lumotlarni tezda tahlil qilish imkoniyati mavjud.

5. Sun'iy intellekt va mashinali o'qitish: ma'lumotlardan foydalangan holda suv taqchilligi, ifloslanish xavfi yoki o'zgarishlarni prognozlash; model yaratish orqali qaror qabul qilishda yordam.

6. Avtomatik monitoring stansiyalari: suv manbalarida doimiy ishlaydigan, elektr energiyasi bilan ta'minlangan avtomatik stansiyalar; kuniga bir necha marta ma'lumot yuboradi.

Ko'rib turganimizdek, suv resurslarni monitoring qilishning zamonaviy usullari zamonaviy texnologiyalarni qo'llanilganligi bilan ajrib turadi. Bu esa an'anaviy usullarga qaraganda ancha yuqori imkoniyatlarni yaratadi. Keltirilgan zamonaviy usullarni an'anaviy usullardan ustunlik tomonlarini quyidagi taqqoslash jadvalidan yaqqol ko'rishimiz mumkin.

2-jadval.

An'anaviy va zamonaviy suv monitoring usullarining taqqoslash jadvali

Mezon	An'anaviy usullar	Zamonaviy texnologiyalar
Aniqlik	O'rtacha, inson omiliga bog'liq	Yuqori, avtomatik sensorlar va AI orqali
Ma'lumot yig'ish tezligi	Sekin, qo'lda o'lchash, haftalik/yillik	Real vaqt rejimida uzluksiz kuzatuv
Hududiy qamrov	Cheklangan, faqat monitoring punktlar bilan	Keng qamrov — sun'iy yo'ldoshlar, IoT orqali istalgan joyni qamrab oladi

ISSN 3030-3907

Mehnat talabi	Ko‘p ishchi kuchi, doimiy tashrif zarur	Kam mehnat, avtomatlashtirilgan tizimlar
Uskuna va texnika narxi	Boshlang‘ich xarajat arzonroq	Boshlanishida qimmat, ammo uzoq muddatda tejamli
Ma’lumot saqlash	Qog‘oz yoki oddiy elektron fayllarda	Bulut texnologiyalari, katta hajmli bazalar (Big Data)
Ma’lumotga erishish	Faqat joyida mavjud	Har qanday qurilmadan, istalgan vaqtda kirish mumkin
Monitoring chastotasi	Kam (oylik yoki fasliy)	Yuksak (har daqiqalik, hatto soniyaviy)
Xatolik ehtimoli	Yuqori (inson xatolari, noto‘g‘ri o‘lchash)	Past (aniq va avtomatik qurilmalar)
Favqulodda holatlarda javob	Sekin, operator chaqiruvi talab etadi	Tezkor signalizatsiya (real vaqt monitoring orqali ogohlantirish)

Jadvaldan ko’rinib turibdiki, zamonaviy texnologiylarga asoslangan usullar tan narh jihatdan qimmat bo’lishiga qaramay, yuqori aniqlik va tezkorlikka ega. Bundan tashqari ma’lumotlarni qayta ishlash va uzatish hamda qabul qilish jarayonlari samarali amalga oshiriladi [15, 16].

Suv resurslari usullarini tahlil qilishda zamonaviy usullarni ham o’zaro taqqoslash mumkin. Keltirilgan zamonaviy monitoring usullari o’ziga xos xususiyatlarga ega hamda bir-birlaridan ajralib turadigan jihatlari ham mavjud. Bu orqali esa muayyan jarayon uchun muayyan usulni tanlash imkoniyati paydo bo’ladi. Quyidagi 3-jadvalda mazkur eng keng foydalanladigan usullarni taqqoslaymiz.

3-jadval.

Zamonaviy suv monitoring usullari taqqoslanishi.

Mezon	**Masofaviy zondlash**	**IoT texnologiyalari**	**Sun’iy intellekt va big data**	**Avtomatik monitoring stansiyalari**
Aniqlik	Yaxshi, lekin vaqt o‘tishi bilan kamayishi mumkin	Juda yuqori, sensorlar orqali aniq o‘lchovlar	Yuqori, real vaqtda prognozlash imkoniyati	O‘rtacha, lekin avtomatik tizimlar bilan o‘lchanadi

ISSN 3030-3907

Ma’lumot yig‘ish tezligi	Tez, masofadan real vaqt monitoringi	Juda tez, real vaqt rejimida ma’lumot uzatish	Tez, ma’lumotlar avtomatik ravishda yig‘iladi	O‘rtacha, ba'zan bir nechta o‘lchovlar olish talab qilinadi
Hududiy qamrov	Keng (barcha hududlarni qamrab olish imkoniyati)	Keng, ammo asosan qurilmalar o‘rnatilgan joylarda	Keng, lekin aniq hududlar bilan cheklangan	O‘rtacha, faqat mavjud joylarda monitoring
Monitoring chastotasi	O‘rtacha, har qanday o‘zgarishni tezda ko‘rsatmaydi	Yuqori, doimiy monitoring imkoniyati	Yuqori, real vaqtda tahlil qilish va prognozlash	O‘rtacha, faqat belgilangan vaqt oralig‘ida ishlaydi
Xatolik ehtimoli	Past, ammo atmosferik sharoitlar ta'sir qilishi mumkin	Juda past, sensorlar aniq ishlaydi	Past, lekin noto‘g‘ri prognozlar bo‘lishi mumkin	O‘rtacha, avtomatik tizimlar xatoliklar qilish ehtimoli kam
Javob berish tezligi	O‘rtacha, lekin sun’iy yo‘ldosh tizimlari orqali kechikishlar bo‘lishi mumkin	Juda tez, real vaqt kuzatuv orqali derhal javob beradi	Yuqori, tizimlar tezkor qarorlar qabul qiladi	Tez, avtomatik tizimlar uchun yuqori javob tezligi

Jadvaldan ko’rish mumkinki, zamonaviy usullar orasida IoT texnologiyasiga asoslangan usul boshqa usullardan yuqori imkoniyatlari bilan ajralib turibdi. Bu esa usulni suv resurslarini avtomatik monitoring qilish jarayonida muvaffaqiyatli qo’llash mumkinligini aks ettiradi.

3. IoT texnoligiyasining suv resurslarini monitoring qilishdagi imkoniyatlari.

ISSN 3030-3907

IoT (Internet of Things) texnologiyasi suv resurslarini monitoring qilishda ishonchli, aniq va samarali tizimlarni yaratishga yordam beradi. Ushbu texnologiyalar orqali amalga oshiriladigan kuzatuvlar va tahlillar suv resurslari bo‘yicha ma’lumot olishni sezilarli darajada osonlashtiradi va real vaqt rejimida jarayonlarni boshqarish imkonini beradi.

IoT texnologiyalari quyidagi imkoniyatlarga ega:

1. Real vaqtda monitoring va ogohlantirish tizimlari:

▪ IoT datchiklari yordamida turli suv manbalarida (daryolar, ko‘llar, suv omborlari) real vaqt rejimida monitoring amalga oshiriladi. Bu sensorlar turli parametrlarni (suv sathi, harorat, pH darajasi, kimyoviy tarkib, oqim tezligi va boshqalar) uzluksiz o‘lchab turadi;

▪ ogohlantirish tizimlari ma’lum bir parametrlar (masalan, ifloslanish yoki suv sathining keskin o‘zgarishi) belgilangan chegaralarga yetganida avtomatik tarzda tizimga ogohlantirish yuboradi. Bu, o‘z navbatida, tizimni tezda to‘g‘rilash va xavfsizlik choralarini ko‘rish imkonini beradi.

2. Keng qamrovli monitoring imkoniyatlari:

▪ IoT tizimlaridan foydalanish orqali, masalan, turli daryolarda yoki suv omborlarida bir nechta nuqtalarda o‘lchovlar olib borish mumkin. Bu texnologiyalar yordamida geografik jihatdan cheklangan hududlardan tashqari, butun hududni qamrab olgan tarmoqni yaratish mumkin;

▪ sun'iy yo‘ldoshlar va masofaviy monitoring tizimlari yordamida, IoT sensorlari orqali real vaqt rejimida suv resurslarining holatini tahlil qilish va kuzatish imkoniyati mavjud. Shu bilan birga, mintaqalar yoki mamlakatlar o‘rtasida samarali ma'lumot almashish tizimi yaratiladi.

3. Energiya samaradorligi:

▪ IoT sensorlari kam energiya sarf qiladi, bu esa ularning uzoq muddatli ishlashini ta'minlaydi. Ba’zi IoT qurilmalari quvvatni saqlash uchun maxsus konstruksiya qilingan bo‘lib, batareya yordamida uzoq muddat ishlashga imkon beradi;

▪ shu bilan birga, energiyani boshqarish tizimlari orqali IoT sensorlarining ishlash davomiyligini oshirish mumkin. Bu energiya resurslarini tejamkor ishlatish imkoniyatini yaratadi.

4. Qarorlar qabul qilish va prognozlash imkoniyatlari:

▪ IoT sensorlaridan yig‘ilgan ma'lumotlar sun'iy intellekt (AI) va big data texnologiyalari yordamida tahlil qilinadi. Bu tizimlar, shu bilan birga, prognozlash uchun qulay vosita hisoblanadi. Masalan, ifloslanish yoki suv taqchilligi kabi holatlarni oldindan prognozlash mumkin;

ISSN 3030-3907

▪ tahlil va prognozlash jarayonlari quyidagi vazifalarni bajarishga yordam beradi:

✓ Suv sifati va miqdorining o‘zgarishini oldindan bilish.

✓ Suv resurslarini samarali boshqarish.

✓ Xavfli holatlarda (to‘fon, ifloslanish, suvning haddan tashqari ko‘tarilishi) oldindan ogohlantirish.

5. Ma'lumotlarni to‘plash va uzatishning avtomatlashtirilishi:

▪ IoT tizimlari yordamida suv resurslarining holatini kuzatishda qo‘lda ma'lumot yig‘ish va uzatishning o‘rnini avtomatik tizimlar egallaydi. Har bir sensor o‘z vaqtida va doimiy ravishda ma'lumotlarni markaziy tizimga uzatib turadi.

▪ bu ma'lumotlar masofadan tahlil qilinib, tezkor qarorlar qabul qilish imkonini beradi. Suv resurslarining holati haqida operatorlar yoki boshqaruv tizimlari tezda xabardor bo‘ladi.

6. Xatoliklar va odatiy xatoliklar ehtimolini kamaytirish:

▪ IoT texnologiyalarining yana bir afzalligi inson omilining kamaytirilishi. Avtomatik tizimlar yordamida odamlar tomonidan yuzaga keladigan xatoliklar va o‘lchovdagi noaniqliklar kamayadi;

▪ har bir sensorni tekshirish va sozlash uchun minimal aralashuv talab qilinadi, shuning uchun tizimdagi xatoliklar yoki noto‘g‘ri ma'lumotlarni aniqlash imkoniyati mavjud.

7. Uzluksiz tahlil va hisobotlar:

▪ IoT tizimlari yordamida to‘plangan ma'lumotlar tizimli ravishda hisobot shaklida taqdim etilishi mumkin. Hisobotlar ko‘pincha avtomatik ravishda tuziladi va shu orqali suv resurslari holatini doimiy ravishda kuzatish imkoniyati yaratiladi;

▪ hisobotlarni real vaqtda tahlil qilish va ularga asoslangan qarorlar qabul qilish ressurslarni boshqarishni samarali qiladi.

8. Zarur resurslarni tejash: IoT tizimlari orqali suvning hozirgi holati va taqsimoti to‘g‘risida to‘liq tasavvurga ega bo‘lish imkoniyatini yaratadi, bu esa suvni samarali va tejashli tarzda ishlatishga imkon beradi. Bu texnologiya resurslar va atrof-muhitni himoya qilishga yordam beradi [17-21].

Bundan tashqari IoT texnologiyalari suv resurslarini monitoring qilish jarayonida quyidagi afzalliklarni beradi:

Ma'lumotlarni tahlil qilish va optimallashtirish: IoT qurilmalari to‘plagan ma'lumotlar sun'iy intellekt (AI) va big data texnologiyalaridan foydalangan holda chuqur tahlil qilinadi. Bu orqali resurslar sarfini optimallashtirish, ekologik holatni yaxshilash va eng samarali boshqaruv yechimlarini topish mumkin.

Tejamkorlik va samaradorlik: IoT texnologiyalari yordamida suv sarfi va boshqa resurslarning ishlatilishi optimallashtiriladi. Masalan, irrigatsiya

ISSN 3030-3907

tizimlarida, faqatgina zarur bo‘lgan vaqtlarda suv chiqariladi, bu esa suvni tejashga yordam beradi va xarajatlarni kamaytiradi.

Kiberxavfsizlik va xavf-xatarlarga qarshi choralar: IoT tizimlarida xavfsizlik masalalari juda muhim. Texnologiyalarni ishlab chiqishda, qurilmalarning xavfsizligini ta'minlash, ma'lumotlarni himoya qilish va kiberhujumlarga qarshi oldindan choralar ko‘rish zarur [22].

Xulosa.

IoT texnologiyalari suv resurslarini monitoring qilishda nafaqat aniqlik va tezkorlikni oshiradi, balki ekologik xavfsizlikni ta'minlash, atrof-muhitni muhofaza qilish va suvdan samarali foydalanishda ham katta imkoniyatlar yaratadi. Real vaqt rejimida ma'lumot yig‘ish va uzatish, prognozlash va avtomatik boshqaruv tizimlarining integratsiyasi orqali, IoT suv resurslarini boshqarishni yanada samarali qiladi. Yuqoridagi keltirilgan ma’lumotlar va o’tkazilgan tahlillar asosida o’z takliflarimizni keltirib o’tamiz. Shunday qilib, suv resurslari boshqaruv tizimlarini IoT texnologiyalariga integratsiyalash orqali yanada samarali boshqarish, natijada suvni tejash va ekologik xavfsizlikni ta'minlash kerak. IoT tizimlarining rivojlanishiga mos ravishda, ularning samaradorligini tahlil qilish va optimal ishlashni ta'minlash uchun yangi datchiklar va tizimlar ishlab chiqilishi lozim. Suv resurslari boshqaruv tizimi uchun IoT tizimlarini joriy qilishda xalqaro tajribalarni o‘rganib, innovatsion texnologiyalarni qo‘llash orqali ushbu tizimlarning global miqyosda kengayishi va rivojlanishini ta’minlash kerak. IoT tizimlarining xavfsizligini ta'minlash va ularning ishonchliligini oshirish maqsadida kiber hujumlarga qarshi chora-tadbirlarni mustahkamlash zarur. Suv resurslarini boshqarish juda murakkab va vaqt talab qiladigan jarayon bo‘lib, bu jarayonda IoT texnologiyalarining qo‘llanilishi samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. IoT texnologiyalari yordamida suv inshootlarida real vaqt rejimida monitoring va boshqaruvni amalga oshirish ayni muddao bo’ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO`YHATI

1. Ирригация Узбекистана. 4 томлик. Bosh muharrir A.S. Sadykov. — Toshkent, Fan nashriyoti, 1985–1988 yillar.

2. Lvovich M.I. Мировые водные ресурсы и их будущее. — Москва: Мысль, 1974.

3. Bahritdinov B.A. O‘rta Osiyoning daryo va zovur suvlari gidroximiyasi. — Toshkent: Fan, 1983.

4. Eshmirzayev R. O‘zbekiston sharoitida yer va suv resurslarining monitoringi. // Ekologik resurslar va ularni boshqarish jurnali. — 2024. Havola: https://erus.uz/index.php/er/article/view/4786

ISSN 3030-3907

5. O‘zbekiston Respublikasi Suv xo‘jaligi vazirligi rasmiy veb-sayti. — http://www.mwre.uz
6. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi rasmiy veb-sayti. — http://www.stat.uz
7. World Meteorological Organization (WMO). (2010). *Manual on stream gauging: Volume I & II* (WMO-No. 1044). Geneva: WMO. Retrieved from https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4671
8. UNESCO. (2008). *Hydrological data collection and processing*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).
9. United Nations Environment Programme (UNEP). (1996). *Water quality monitoring: A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. Retrieved from https://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqmchap3.pdf
10. Food and Agriculture Organization (FAO). (2013). *Remote sensing for water resources management* (FAO Irrigation and Drainage Paper 63). Retrieved from https://www.fao.org/3/i3174e/i3174e.pdf
11. European Environment Agency (EEA). (n.d.). *Use of Earth observation for water monitoring*. Retrieved from https://www.eea.europa.eu/publications/
12. Gleick, P. H. (Ed.). (1993). *Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources*. New York: Oxford University Press.
13. Jensen, J. R. (2007). *Remote sensing of the environment: An Earth resource perspective* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
14. Meijer, K., et al. (2006). *Flow: Essential for healthy rivers and people*. WWF Report. Retrieved from https://wwf.panda.org
15. Resource Management: Opportunities and Challenges*. Water Resources Management, 34(12), 3611-3629. https://doi.org/10.1007/s11269-020-02533-4
16. Zhao, W., & Zhai, X. (2021). *Application of IoT in Water Quality Monitoring: A Review*. Environmental Monitoring and Assessment, 193(3), 1-10. https://doi.org/10.1007/s10661-021-08748-4
17. Kumar, N., & Sahoo, B. (2019). *IoT-based Water Monitoring Systems for Sustainable Water Resources Management: A Review*. Journal of Water Process Engineering, 32, 100876. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100876
18. World Meteorological Organization (WMO). (2018). *Manual on Water Quality Monitoring and Management*. Geneva: WMO. Retrieved from https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5002
19. Zhang, Y., & Liu, Z. (2020). *Application of Internet of Things in Water Resources Management*. Ieee Access, 8, 223459-223468. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3040293

ISSN 3030-3907

20. Liu, J., & Shen, X. (2021). *Smart Water Management: IoT Applications in Water Resources*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60756-9
21. Mao, Y., & Li, D. (2019). *IoT for Sustainable Water Resources Management: Design and Implementation*. Water, 11(8), 1717. https://doi.org/10.3390/w11081717
22. Ergasheva Sh.M. Internet of Things (IoT) texnologiyasining inson-kompyuter aloqasida o‘rni va ahamiyati. // Involta Innovatsion Scientific Journal, 3(1), 10-bet, 2024.

ISSN 3030-3907