ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

GIDROGEOLOGIK MONITORING TARMOG‘IDA AXBOROT TIZIMINI TASHKIL ETISH MODELI VA ALGORITMLARI

Djumanov Jamoljon Xidaykulovich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
Babadjanov Azizdjan Fazilovich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
Batirov Husnidin Negmatovich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
Kabulova Gulxumar Davron qizi
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
O‘rinboyev Alisher Shavkat o‘g‘li
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada gidrogeologik monitoring tizimlarini takomillashtirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot Qoraqalpog‘iston Respublikasi sharoitida yer osti suvlari holatini kuzatish, baholash va prognozlashga mo‘ljallangan avtomatlashtirilgan monitoring tizimini ishlab chiqishga bag‘ishlangan. Ishda besh qatlamli konseptual model, gidrogeologik parametrlarni qayta ishlash algoritmlari hamda zamonaviy axborot tizimi arxitekturasi taklif etilgan. Natijada real vaqt rejimida ishlovchi, mufassil tahlil va intellektual baholash imkoniyatiga ega monitoring tizimi ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: gidrogeologiya, monitoring, axborot tizimi, modellashtirish, algoritm, geofazoviy tahlil, yer osti suvlari.

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы совершенствования гидрогеологических систем мониторинга. Исследование посвящено разработке автоматизированной системы мониторинга, предназначенной для наблюдения, оценки и прогнозирования состояния подземных вод в условиях Республики Каракалпакстан. В работе предложены пятислойная концептуальная модель, алгоритмы обработки гидрогеологических параметров, а также архитектура современной информационной системы. В результате разработана система мониторинга, работающая в режиме реального времени и обладающая возможностями детального анализа и интеллектуальной оценки.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: гидрогеология, мониторинг, информационная система, моделирование, алгоритм, геопространственный анализ, подземные воды.

Abstract. This article examines issues of improving hydrogeological monitoring systems. The study is dedicated to the development of an automated monitoring system designed for the observation, assessment, and forecasting of groundwater conditions in the context of the Republic of Karakalpakstan. The work proposes a five-layer conceptual model, algorithms for processing hydrogeological parameters, and the architecture of a modern information system. As a result, a monitoring system has been developed that operates in real time and has the capabilities of detailed analysis and intelligent assessment.

Keywords: hydrogeology, monitoring, information system, modeling, algorithm, geospatial analysis, groundwater.

KIRISH.

Masalaning dolzarbligi. Hozirda ekologik muammolar, xususan Orol dengizi havzasidagi inqiroz yer osti suvlari monitoringini yanada takomillashtirish zaruratini yuzaga keltirdi. Mavjud monitoring tizimlari ko‘p hollarda eskirgan bo‘lib, real vaqt rejimida ishlash, katta hajmdagi ma’lumotlarga ishlov berish va prognozlash imkoniyatlari yetarli emasdir. Bu borada O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "2022–2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi"da suv resurslaridan oqilona foydalanish, raqamli texnologiyalarni keng joriy etish va atrof-muhitni muhofaza qilish asosiy yo‘nalishlardan biri sifatida qayd etilgan [1, 2].

Mazkur yo‘nalishdagi huquqiy-me’yoriy asoslarni O‘zbekiston Respublikasining "Suv va suvdan foydalanish to‘g‘risida"gi Qonuni [3,], "Tabiatni muhofaza qilish to‘g‘risida"gi Qonuni [4] hamda O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining "Orol dengizi mintaqasini ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirish davlat dasturi to‘g‘risida"gi Farmoyishi va ushbu yo‘nalishdagi boshqa me’yoriy hujjatlar tashkil etadi [5]. Bu hujjatlar yer osti suvlari resurslaridan oqilona foydalanish, ularni doimiy monitoring qilish va ilmiy asoslangan boshqaruv qarorlarini qabul qilish majburiyatini belgilaydi. Shu sababli zamonaviy axborot texnologiyalariga asoslangan, avtomatlashtirilgan va intellektual monitoring tizimlarini ishlab chiqish dolzarb masalalardan biridir.

Gidrogeologik monitoring - inson faoliyati yoki tabiiy omillar bilan bog‘liq suv rejimidagi o‘zgarishlarni aniqlash va baholash uchun yer osti suvlari parametrlarini va boshqa gidrogeologik jarayonlarni kuzatish tizimidir. Bu yer osti suvlarining holati va dinamikasini aniqlashga, shuningdek, atrof-muhit va muhandislik inshootlariga ehtimoliy xavflarni aniqlashga yordam beradi [6]. Uning asosiy vazifalari yer osti suvlari darajasi va sifatining o‘zgarishini baholash va

ISSN 3030-3907

prognozlash, gidrogeologik jarayonlarning namoyon bo‘lishini aniqlash, atrof-muhit va qurilish muhandisligiga ta'sirni baholash hamda suvlarni muhofaza qilish va ulardan oqilona foydalanish chora-tadbirlarini ishlab chiqishdan iborat [7, 8].

Tadqiqot obyekti - Qoraqalpog‘iston Respublikasi hududidagi yer osti suvlari holatini avtomatlashtirilgan monitoring qilish tarmog‘i va unga xizmat ko‘rsatuvchi axborot tizimi.

Tadqiqot predmeti - gidrogeologik monitoringni yuritish konseptual modeli, ma'lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va tahlil qilish algoritmlari hamda ularni amalga oshiruvchi dasturiy-apparat kompleksi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi - gidrogeologik monitoringni samarali tashkil etish uchun model, algoritmlar va axborot tizimini ishlab chiqishdan iborat.

Mazkur maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qo‘yildi:

-gidrogeologik kuzatuv tarmog‘i va monitoring yuritish masalalarining hozirgi holatini hamda mavjud ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish;

-Qoraqalpog‘iston Respublikasining gidrogeologik va ekologik sharoitiga mos keluvchi konseptual monitoring modelini ishlab chiqish;

-yer osti suvlari sathi o‘zgarishini ko‘p darajali klassifikatsiyalash tamoyilini shakllantirish;

-avtomatlashgan o‘lchash qurilmasi asosida ma'lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va tahlil qilish algoritmlarini yaratish;

-tizimning apparat-dasturiy kompleksi, foydalanuvchi interfeysi va interaktiv geovizualizatsiya modulini loyihalash;

Bir so‘z bilan aytganda mavjud monitoring tizimlarining hududiy taqsimlangan tuzilmasi va real vaqt rejimida ishlashi, hududning mintaqaviy gidrogeologik xususiyatlarini to‘liq hisobga oluvchi universal algoritm va dasturlar majmui hamda o‘lchash natijalarini tezkor tahlil qilib, kritik vaziyatlarda intellektual qarorlarni qo‘llab-quvvatlash axborot tizimini yaratilishidir.

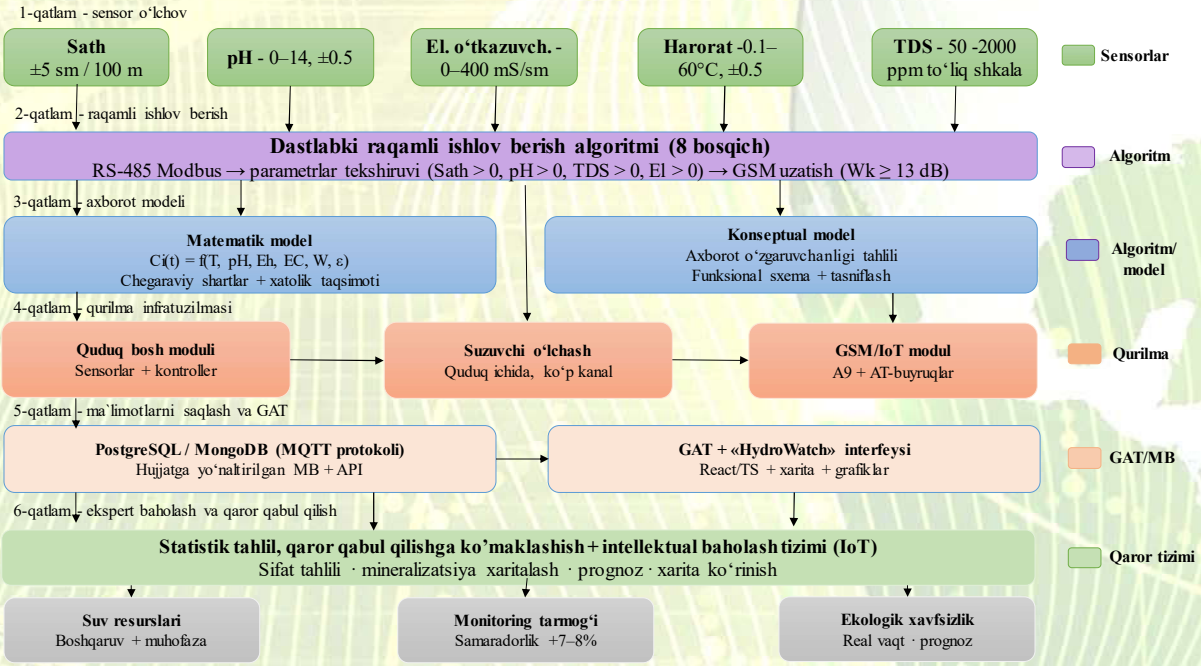
Tadqiqot mavzusi bo‘yicha ilmiy adabiyotlar va fond materiallari sharhi o‘tkazilib, bunda xalqaro miqyosda McDonald va Harbaugh (MODFLOW modeli), Krige (geostatistika va kriging), Freeze va Cherry (asosiy gidrogeologiya), Micklin (Orol dengizi ekologik inqirozi), Rakhmatullaev va hamkasblar (Amudaryo havzasi suv resurslari), Atzori va hamkasblar (IoT tarmoqlari), Cressie (fazoviy statistika), Helsel va Hirsch (suv resurslari statistikasi) kabi olimlarning ishlari asosiy ilmiy manbalar hisoblanadi. Milliy miqyosda Xabibullayev I.X., Djumanov J.X., Xushvaktov S.X. va boshqa hammualliflarning "Yer osti suvlari monitoring tizimi va uni takomillashtirish yo‘llari" monografiyasi (Toshkent, 2026) hamda O‘zbekiston gidrogeologiyasi va

ISSN 3030-3907

avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari bo‘yicha bir qator ishlar muhim o‘rin egallaydi [3, 4].

Tadqiqotda qo‘llanilgan uslublarning tavsifi bo‘yicha tizimli tahlil, matematik modellashtirish, statistik tahlil, simulyatsiya va tajriba metodlari qo‘llanildi. Dasturiy amalga oshirish Python dasturlash tili hamda uning ilmiy-texnik kutubxonalari - Tkinter (grafik interfeys), Folium (interaktiv xarita), Pandas va NumPy (ma'lumotlar tahlili), Matplotlib (vizualizatsiya), PostgreSQL va PostGIS (ma'lumotlar bazasi) - asosida bajarildi. Geoaxborot ma'lumotlarni qayta ishlashda geografik axborot tizimlari (ArcGIS) va fazoviy interpolyatsiya (Kriging, Inverse Distance Weighting) usullaridan foydalanildi. Model va algoritmlarning ishonchliligi Qoraqalpog‘iston Respublikasining 16 tumanidagi 256 ta kuzatuv qudug‘iga asoslangan simulyatsion ma'lumotlar to‘plamida o‘tkazilgan sinovlar orqali tasdiqlandi [6, 7].

IoT-ga asoslangan va onlayn yer osti suvlari miqdorini monitoring qilish tizimi taklif etiladi (1-rasm), tadqiqotda gidrogeologik monitoring uchun ko‘p qatlamli axborot modeli quyidagi komponentlardan tashkil topgan:



1-rasm.Yer osti suv resurslari IoT-ga asoslangan monitoring tizimining arxitekturasi

Vizualizatsiya va boshqaruv qatlami bunda ma'lumotlarni yig‘ish, ishlov berish, o‘z vaqtida uzatish ya’ni yuborish, qurg‘oqchilikning yer osti suvlari resurslariga ta'sirini baholash, shuningdek qaror qabul qilishga ko‘maklashish ma’lumotlari va vositalarini shakllantirish hamda qurg‘oqchilikning yangi ko‘rsatkichlarini aniqlab olish uchun zarurdir [8, 11].

ISSN 3030-3907

Yer osti suvlari sathi, sifati va miqdor ko‘rsatgichlarini monitoring qilish tizimini qo‘llash turli xil arxitektura tizimlaridan foydalangan holda tegishli taqsimlangan kuzatuv quduqlarining sensorlari bilan jihozlanishi va o‘lchov jarayonin o‘z ichiga oladi. Ma’lumotlar tahlilida Qoraqalpog‘iston hududidagi yer osti suvlari yuqori mineralizatsiyaga ega (3–10 g/l va undan yuqori), sho‘rlanish bo‘yicha murakkab gidrokimyoviy sharoit kuzatilgan. Tuproqning jadal sho‘rlanishi va yer osti suvlari sathining tez o‘zgarishi muntazam monitoringni talab etadi. Biroq, ushbu hududda mavjud monitoring tarmog‘iga asosan ananaviy o‘lchashga tayangan va real vaqt rejimida ma’lumotlarni olish, ishlov berish va o‘z vaqtida qaror qabul qilishga imkoniyatiga ega emas [4, 12].

GAT bilan birgalikda suv resurslarini boshqarish sohasida IoT ma'lumotlari asosida Internet yoki bulutli hisoblash yordamida ma'lumotlarni modeli, monitoring yuritish algoritmlarini yaratish; axborot tizimini loyihalash va sinovdan o‘tkazish, shuningdek statistik , intellektual usullar va geofazoviy tahlil amalga oshirildi. Dasturiy tizimni loyihalashda klassifikatsiya qilish jarayonlari, holatini tez va aniq baholash imkonini beruvchi intellektual algoritmlari, yani bir tsiklli o‘lchash algoritmi, ko‘p tsiklli monitoring, mineralizatsiyani hisoblash, sathni klassifikatsiya qilish, geoma’lumotlarni qayta ishlash, Big Data asosida tahlili va interpolyatsiya hamda intellektual eskalatsiya kabi yondoshuvlarni o‘z ichiga oladi [4].

Big Data asosida baholash va prognozlash gibrid modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$Y(t+1) = \propto \cdot S_o(X_t) + F_a(X_t)$$

bunda, S_o – sun’iy ong (masalan: neyron tarmoq) hadi, F_a – Fuzzy tahlili (noaniq mantiq) α+β=1, funktsional hadlari bo‘lib, gidrogeologik xavf indeksini hisoblash modeli

$$Risk = \sum_{i=1}^{n} \omega_i \cdot \mu_i(x_i)$$

$$\mathrm{R} = f\langle H, Q, C, T, A\rangle$$

bu yerda: H - suv sathi, Q - suv miqdori, C - sifat (ifloslanish), T – trend, A - antropogen yuklamadir, Gidrogeologik xususiyatlarni sinflashtirish quyidagicha

$$R = \begin{cases} 0-0.3 & Past\ xavf \\ 0.3-0.6 & O'rta \\ 0.6-1 & Yuqori \end{cases}$$

Ifodalanib, axborot infratuzilmasining tizimli modeli (ko‘p qatlamli)

$$\mathrm{I} = \{D, P, M, A, V\}$$

D – ma’lumotlar qatlami, P –ishlov berish jarayoni, M – modellashtirish, A – holat analytic tahlili, V – natijalarni visualizatiyalashdir.

ISSN 3030-3907

Taklif etilgan tizim zamonaviy texnologiyalar asosida ESP32 – ma'lumotlarni yig'ish, PostgreSQL + PostGIS – ma'lumotlar bazasi, Flask REST API – server qismi, Python tkinter – foydalanuvchi interfeysi, Folium – interaktiv xaritalar tuzish asosida qurilgan. Natijalar va qiyosiy tahlilida real vaqt monitoringi, ma'lumotlarni avtomatik qayta ishlash, yuqori aniqlikdagi prognoz, geoma'lumotlar vizualizatsiyasi, tezkor qaror qabul qilishga ko'maklashuvchi ma'lumotlar, axborot tizimning samaradorligini amaliy jihatdan tasdiqladi.

Mazkur tadqiqot natijasida gidrogeologik monitoringni tashkil etish uchun zamonaviy model, algoritmlar va axborot tizimi ishlab chiqilgan. Taklif etilgan yondashuv yer osti suvlarini samarali boshqarish, ekologik xavflarni kamaytirish va monitoring tizimlarini raqamlashtirishda muhim ahamiyatga ega.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Vernadsky's Legacy Research Group, "Anthropogenic evolution of the biosphere: Transition to the Noosphere in the context of water resource management," *Global Environmental Change*, vol. 22, no. 4, pp. 910–922, Oct. 2012.
2. Gorelick S. M. and C. Zheng, "Global change and the groundwater management challenge," *Water Resources Research*, vol. 51, no. 5, pp. 3031–3051, May 2015.
3. D. R. Gupta and S. Kumar, "Modeling Groundwater-Seawater Interaction in Coastal Aquifers Using AI," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 14502–14515, Jan. 2024.
4. Djumanov J., E. Anorboev, A. Babadjanov, J. Abdurazzakov, and I. Telyayev, "Plant health monitoring: Intelligent systems for environmental geoinformation," *Plant Science Today*, vol. 12, no. 4, pp. 01–05, eISSN 2348-1900. https://doi.org/10.14719/pst.8223 (Scopus, Q3).
5. Djumanov J. X., T. A. Kuchkorov, and S. K. Iskandarov, "Integration of IoT and GIS for real-time groundwater monitoring in arid zones," *Journal of Arid Environments*, vol. 210, pp. 105–118, 2024.
6. Chen Y. and K. Yang, "Deep learning-based predictive modeling of groundwater level fluctuations in agricultural landscapes," *Water Resources Research*, vol. 59, no. 4, pp. e2022WR033012, 2023.
7. Kushiev X., A. Noble, and M. G. Rasulov, "Soil salinity and groundwater level management using remote sensing in the Aral Sea basin," *Agricultural Water Management*, vol. 262, pp. 107–115, 2022.
8. Kuchkorov T. A. and J. X. Djumanov, "Algorithms for processing multispectral satellite images for land degradation assessment," *International Journal of Remote Sensing & GIS*, vol. 12, no. 3, pp. 88–102, Nov. 2021.

ISSN 3030-3907

9. Smith J. L. and P. Gupta, "The role of the Noosphere in modern hydrogeology: Anthropogenic water cycle transformations," *Nature Reviews Earth & Environment*, vol. 2, no. 8, pp. 520–535, Aug. 2021.
10. Scanlon B. R., S. S. Jolly, and M. G. Keese, "Impacts of agricultural land use on groundwater resources: A global perspective," *Hydrogeology Journal*, vol. 18, no. 1, pp. 15–33, Feb. 2010.
11. Zheng C., G. Cao, and B. R. Scanlon, "Sustainable management of groundwater resources in irrigation districts: A system dynamics approach," *Journal of Hydrology*, vol. 581, pp. 124–139, 2020.
12. K. Wang and L. Zhang, "Smart Sensor Networks for Irrigation and Groundwater Quality Control," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Sensing and Monitoring*, 2024, pp. 245–251.

ISSN 3030-3907