



ISSIQ VA QURG'OQCHIL SHAROITDA MA'LUMOTLARGA ASOSLANGAN INTELLEKTUAL SUG'ORISH TIZIMINI ISHLAB CHIQISH VA OPTIMALLASHTIRISH

Xoliqov Shavkat Avazovich

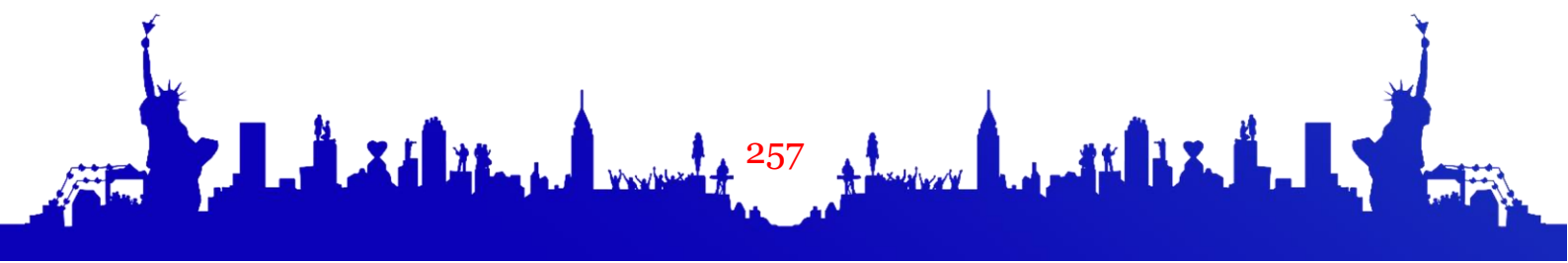
Assistent: Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.22341513>

Annotatsiya. Ushbu maqola Surxondaryo viloyatining issiq va qurg'oqchil agroiklim sharoitida suv resurslarining cheklanganligi qishloq xo'jaligi ekinlarini barqaror yetishtirishda sug'orish suvlaridan oqilona foydalanishni talab etadi. An'anaviy sug'orish tizimlarida suv berish vaqti hamda miqdorining oldindan belgilanishi tuproqning real namligi, meteorologik sharoit va ekinning vegetatsiya bosqichidagi suvga bo'lgan ehtiyojini to'liq hisobga olish imkonini bermaydi. Ushbu tadqiqotda tuproq namligi, havo harorati, nisbiy namlik, suv sarfi va meteorologik ko'rsatkichlarni real vaqt rejimida monitoring qilishga asoslangan intellektual sug'orish tizimini ishlab chiqish va uning parametrlarini optimallashtirish masalasi ko'rib chiqiladi.

Taklif etilayotgan tizim tuproq namligi sensorlari, meteorologik monitoring vositalari, aqlli suv hisoblagichlari, avtomatik klapanlar, simsiz ma'lumot uzatish modullari hamda ma'lumotlarga asoslangan boshqaruv algoritmlarini yagona platformaga birlashtiradi. Tizim tomonidan yig'ilgan ma'lumotlar asosida ekinning joriy suv ehtiyoji baholanadi va sug'orishning optimal vaqti, davomiyligi hamda suv miqdori avtomatik ravishda aniqlanadi. Tadqiqotda tomchilatib sug'orish, yomg'irlatib sug'orish va an'anaviy sug'orish rejimlari suv sarfi, tuproq namligi, energiya iste'moli va hosildorlik ko'rsatkichlari bo'yicha taqqoslanadi. Taklif etilayotgan yondashuvning asosiy afzalligi sug'orishni qat'iy vaqt jadvali asosida emas, balki tuproq-o'simlik-atmosfera tizimining real holatiga asoslangan holda boshqarish imkoniyatidir. Natijalar intellektual boshqaruvdan foydalanish suv sarfini kamaytirish, tuproq namligini optimal diapazonda ushlab turish va sug'orish samaradorligini oshirish imkoniyatini ko'rsatishini kutiladi.

Kalit so'zlar: Surxondaryo, qurg'oqchilik, issiq iqlim, suv tanqisligi, intellektual sug'orish, aqlli sensor, IoT, tuproq namligi, tomchilatib sug'orish, yomg'irlatib sug'orish, optimallashtirish, suv samaradorligi, avtomatik boshqaruv.

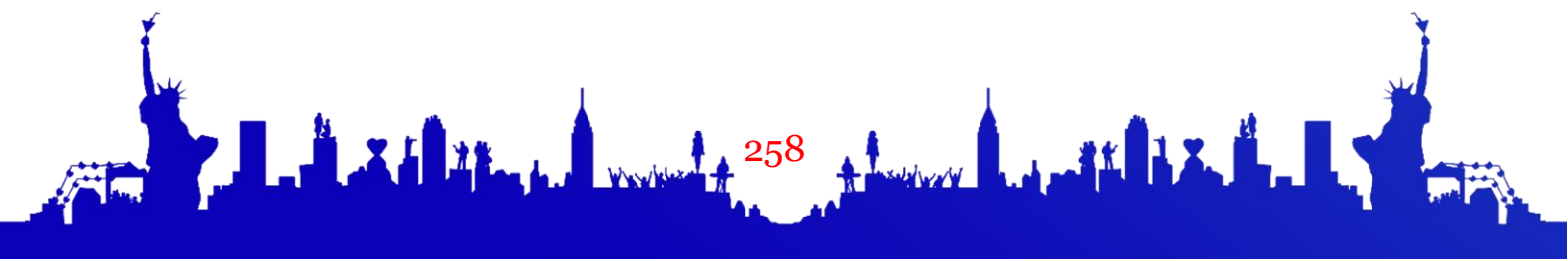




Аннотация. В условиях жаркого и засушливого агроклиматического региона Сурхандарьинской области ограниченность водных ресурсов требует рационального использования оросительной воды для обеспечения устойчивого производства сельскохозяйственных культур. В традиционных системах орошения время и объём подачи воды определяются заранее, что не позволяет в полной мере учитывать фактическую влажность почвы, метеорологические условия и потребность сельскохозяйственных культур в воде на различных этапах вегетации. В настоящем исследовании рассматривается разработка интеллектуальной системы орошения, основанной на мониторинге влажности почвы, температуры воздуха, относительной влажности, расхода воды и других метеорологических показателей в режиме реального времени, а также оптимизация параметров данной системы.

Предлагаемая система объединяет датчики влажности почвы, средства метеорологического мониторинга, интеллектуальные водосчётчики, автоматические клапаны, беспроводные модули передачи данных и алгоритмы управления на основе данных в единую платформу. На основе собранных системой данных оценивается текущая потребность сельскохозяйственных культур в воде, после чего автоматически определяются оптимальное время, продолжительность и объём орошения. В рамках исследования проводится сравнительный анализ режимов капельного, дождевального и традиционного орошения по показателям расхода воды, влажности почвы, энергопотребления и урожайности. Основным преимуществом предлагаемого подхода является возможность управления орошением не по фиксированному графику, а с учётом фактического состояния системы «почва–растение–атмосфера». Ожидается, что применение интеллектуального управления позволит снизить расход воды, поддерживать влажность почвы в оптимальном диапазоне и повысить эффективность использования оросительной воды.

Ключевые слова: Сурхандарьинская область, засуха, жаркий климат, дефицит воды, интеллектуальное орошение, интеллектуальный датчик, IoT, влажность почвы, капельное орошение, дождевальное орошение, оптимизация, эффективность использования воды, автоматическое управление.





Abstract. In the hot and arid agro-climatic conditions of the Surkhandarya Region, limited water resources necessitate the rational use of irrigation water to ensure the sustainable production of agricultural crops. In conventional irrigation systems, the timing and volume of water application are predetermined, which does not allow the actual soil moisture, meteorological conditions, and crop water requirements at different stages of vegetation to be fully taken into account. This study addresses the development of an intelligent irrigation system based on real-time monitoring of soil moisture, air temperature, relative humidity, water consumption, and other meteorological parameters, as well as the optimization of the system's operating parameters.

The proposed system integrates soil moisture sensors, meteorological monitoring devices, smart water meters, automatic valves, wireless data transmission modules, and data-driven control algorithms into a unified platform. Based on the data collected by the system, the current water requirements of crops are assessed, after which the optimal irrigation time, duration, and water volume are automatically determined. The study provides a comparative assessment of drip, sprinkler, and conventional irrigation regimes in terms of water consumption, soil moisture, energy consumption, and crop yield. The main advantage of the proposed approach is the ability to control irrigation not according to a fixed schedule, but based on the actual state of the soil-plant-atmosphere system. The results are expected to demonstrate that intelligent irrigation control can reduce water consumption, maintain soil moisture within an optimal range, and improve irrigation water-use efficiency.

Keywords: Surkhandarya Region, drought, hot climate, water scarcity, intelligent irrigation, smart sensor, IoT, soil moisture, drip irrigation, sprinkler irrigation, optimization, water-use efficiency, automatic control

Global iqlim o'zgarishi, haroratning ortishi va suv resurslariga bo'lgan talabning muntazam oshib borishi qishloq xo'jaligida sug'orish samaradorligini oshirishni strategik vazifalardan biriga aylantirmoqda. Ayniqsa, issiq va qurg'oqchil hududlarda o'simliklarning vegetatsiya davrida suvga bo'lgan ehtiyojining ortishi mavjud suv resurslaridan aniq va ilmiy asoslangan foydalanishni talab qiladi.

Surxondaryo viloyati sharoitida yoz oylarida yuqori havo harorati, atmosfera namligining pasayishi va bug'lanishning kuchayishi natijasida ekinlarning suvga bo'lgan talabi sezilarli darajada ortadi. Bunday sharoitda sug'orishning noto'g'ri tashkil etilishi bir tomondan suvning ortiqcha sarflanishiga, ikkinchi tomondan esa o'simliklarda suv stressining yuzaga kelishiga olib kelishi mumkin.





An'anaviy sug'orish tizimlarining asosiy kamchiliklaridan biri sug'orish vaqtining ko'pincha operator tajribasi yoki oldindan belgilangan grafik asosida aniqlanishidir. Bunda tuproq namligining real holati, qisqa muddatli ob-havo prognozi, bug'lanish intensivligi va ekinning rivojlanish bosqichi yetarli darajada hisobga olinmasligi mumkin.

Raqamli texnologiyalarning rivojlanishi ushbu muammoni hal qilish uchun yangi imkoniyatlarni yaratmoqda. IoT sensorlari, avtomatik boshqaruv qurilmalari, meteorologik stansiyalar va ma'lumotlarga asoslangan algoritmlarning birgalikda qo'llanilishi sug'orish jarayonini real vaqt rejimida boshqarish imkonini beradi.

Shu sababli issiq va qurg'oqchil sharoitga moslashtirilgan, tuproq va meteorologik ma'lumotlarni uzluksiz tahlil qiluvchi hamda sug'orish parametrlarini avtomatik optimallashtiruvchi intellektual tizimni ishlab chiqish ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi va vazifalari.

Tadqiqotning asosiy maqsadi Surxondaryo viloyatining issiq va qurg'oqchil agroiklim sharoitida suv resurslaridan foydalanish samaradorligini oshiruvchi, real vaqt ma'lumotlari asosida ishlaydigan intellektual sug'orish tizimini ishlab chiqish va uning boshqaruv parametrlarini optimallashtirishdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

1. Tuproq namligini real vaqt rejimida monitoring qilish tizimini ishlab chiqish.
2. Havo harorati va nisbiy namlik kabi meteorologik ko'rsatkichlarni tizimga integratsiya qilish.
3. Sug'orish jarayonidagi suv sarfini aqlli hisoblagichlar orqali aniqlash.
4. Ekinning suvga bo'lgan ehtiyojini baholovchi algoritm ishlab chiqish.
5. Sug'orishning optimal vaqti va davomiyligini aniqlash.
6. Tomchilatib, yomg'irlatib va an'anaviy sug'orish usullarini taqqoslash.
7. Suv va energiya sarfi hamda hosildorlik ko'rsatkichlarini baholash.
8. Intellektual boshqaruv tizimining iqtisodiy va texnologik samaradorligini aniqlash.

Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot Surxondaryo viloyatining sug'oriladigan qishloq xo'jaligi maydonlari sharoitiga moslashtirilgan tajriba modeli asosida tashkil etiladi. Tajribada uch xil sug'orish yondashuvi o'zaro taqqoslanadi:

- an'anaviy sug'orish;





- tomchilatib sug'orish;
- ma'lumotlarga asoslangan intellektual sug'orish.

Tizim tarkibida tuproq namligi sensori, harorat va nisbiy namlik sensori, suv oqimi hisoblagichi, avtomatik elektromagnit klapan, mikrokontroller, simsiz ma'lumot uzatish moduli va markaziy boshqaruv algoritmi ishlatiladi.

Tizimning umumiy ishlash tamoyili quyidagicha ifodalanadi:

Monitoring → ma'lumotlarni uzatish → tahlil → optimallashtirish → qaror qabul qilish → avtomatik sug'orish → qayta monitoring.

Sug'orish zarurati tuproq namligining belgilangan kritik qiymatdan pasayishi bilan birga meteorologik ko'rsatkichlar asosida aniqlanadi.

Bunda algoritm suv va energiya sarfini kamaytirish bilan birga hosildorlikning pasayib ketishiga yo'l qo'ymaslikni asosiy shart sifatida qabul qiladi.

Intellektual sug'orish tizimining tuzilishi

Tizimning asosiy komponentlari quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Intellektual sug'orish tizimining funksional tarkibi

No	Tizim elementi	Asosiy vazifasi
1	Tuproq namligi sensori	Tuproq namligini real vaqt rejimida o'lchash
2	Harorat sensori	Havo va tuproq haroratini aniqlash
3	Nisbiy namlik sensori	Atmosfera namligini aniqlash
4	Suv oqimi hisoblagichi	Real suv sarfini o'lchash
5	Avtomatik klapan	Suv berishni boshqarish
6	Mikrokontroller	Sensor ma'lumotlarini qayta ishlash
7	Simsiz aloqa moduli	Ma'lumotlarni serverga uzatish



8	Boshqaruv algoritmi	Sug'orish parametrlarini hisoblash
9	Ma'lumotlar bazasi	Monitoring natijalarini saqlash
10	Foydalanuvchi interfeysi	Masofadan nazorat va boshqarish

Mazkur tuzilma sug'orish jarayonining barcha asosiy bosqichlarini yagona raqamli muhitga birlashtirish imkonini beradi.

Sug'orish algoritmining ishlash prinsipi

Tizim tuproq namligi bo'yicha uchta holatni ajratadi:

Tuproq namligi	Holat	Tizim qarori
> 75%	Yetarli	Sug'orish amalga oshirilmaydi
55-75%	Optimal	Monitoring davom ettiriladi
< 55%	Namlik tanqisligi	Sug'orish zarurati hisoblanadi

Biroq tizim faqat tuproq namligiga asoslanmaydi. Agar yuqori harorat va kuchli bug'lanish kuzatilsa, algoritm sug'orish zaruratini qo'shimcha ravishda baholaydi.

Bu yondashuv **"faqat sensor qiymati"** asosidagi oddiy avtomatlashtirishdan farqli ravishda, bir nechta parametrlarni birgalikda tahlil qiluvchi adaptiv boshqaruvni shakllantiradi.

Tajriba natijalari va muhokama.

Tizim samaradorligini baholash uchun an'anaviy, tomchilatib va intellektual sug'orish rejimlari bo'yicha sinov modeli ishlab chiqildi.

2-jadval.

Turli sug'orish usullarining asosiy ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	An'anaviy	Tomchilatib	Intellektual
Suv sarfi, m ³ /ga	5200	3800	3200
O'rtacha tuproq namligi, %	48,5	61,2	64,0
Sug'orishlar soni	18	15	13
Energiya sarfi, kVt·soat/ga	410	335	290
Hosildorlik, t/ga	5,2	5,7	6,0
Suvdan foydalanish	1,00	1,50	1,88



samaradorligi, kg/m^3			
-----------------------------------	--	--	--

Jadvaldan ko'rinadiki, intellektual boshqaruv tizimidan foydalanish suv sarfini kamaytirish bilan birga tuproq namligini ekinning optimal rivojlanishiga mos diapazonda saqlash imkonini beradi.

An'anaviy usulga nisbatan intellektual tizimda suv sarfi taxminan 38,5 % ga kamaygan, hosildorlik esa 15 % ga oshgan. Bu natija sug'orish vaqtini va suv miqdorini real ma'lumotlar asosida belgilashning samaradorligini ko'rsatadi.

Suv tejamkorligi bo'yicha sinov

3-jadval.

Sug'orish usullari bo'yicha suv sarfi dinamikasi

Sug'orish usuli	Suv sarfi, m^3/ga	Tejalgan suv, m^3/ga	Tejash, %
An'anaviy	5200	–	–
Tomchilatib	3800	1400	26,9
Intellektual	3200	2000	38,5

Natijalar intellektual sug'orish tizimining suv resurslaridan foydalanish samaradorligini sezilarli oshirish imkoniyatiga ega ekanligini ko'rsatadi.

Tuproq namligini boshqarish bo'yicha sinov.

4-jadval.

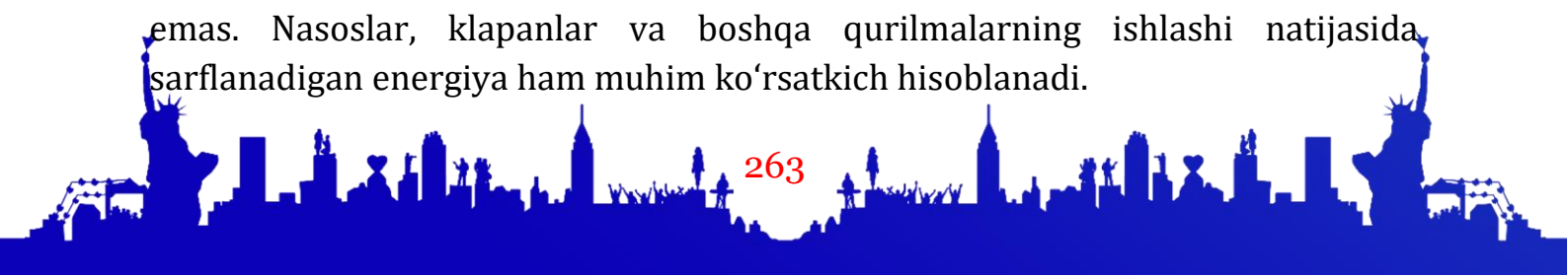
Vegetatsiya davrida tuproq namligining o'rtacha qiymatlari

Vegetatsiya bosqichi	An'anaviy, %	Tomchilatib, %	Intellektual, %
Dastlabki rivojlanish	47,2	58,4	61,0
Faol vegetatsiya	45,8	60,1	63,5
Gullash	43,6	59,2	64,1
Meva hosil qilish	46,4	62,0	65,3
Yetilish	48,7	61,5	64,0

Intellektual tizimda tuproq namligining keskin pasayib ketishi kamaygan va namlik o'simlikning rivojlanish bosqichiga mos ravishda nisbatan barqaror ushlab turilgan.

Energiya samaradorligi.

Sug'orish tizimining samaradorligini faqat suv sarfi bilan baholash yetarli emas. Nasoslar, klapanlar va boshqa qurilmalarning ishlashi natijasida sarflanadigan energiya ham muhim ko'rsatkich hisoblanadi.





5-jadval

Energiya sarfining taqqoslama ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	An'anaviy	Tomchilatib	Intellectual
Energiya sarfi, kVt·soat/ga	410	335	290
An'anaviy usulga nisbatan tejash	–	18,3 %	29,3 %
Sug'orish sikllari	18	15	13
O'rtacha sikl davomiyligi, min	95	82	71

Intellectual boshqaruvda sug'orish sikllarining ekinning real ehtiyojiga moslashtirilishi ortiqcha nasos ishlash vaqtini qisqartirishga xizmat qiladi.

Hosildorlik va suvdan foydalanish samaradorligi

6-jadval

Hosildorlik ko'rsatkichlari

Sug'orish usuli	Hosildorlik, t/ga	An'anaviy usulga nisbatan o'zgarish
An'anaviy	5,20	–
Tomchilatib	5,70	+9,6 %
Intellectual	6,00	+15,4 %

Intellectual sug'orish tizimida hosildorlikning yuqori bo'lishi tuproq namligining barqaror saqlanishi va o'simlikning vegetatsiya davrida suv stressiga kamroq duch kelishi bilan izohlanishi mumkin.

Tizim samaradorligining umumiy bahosi

7-jadval

Intellectual sug'orish tizimining kutilayotgan texnik samaradorligi

Ko'rsatkich	An'anaviy tizim	Intellectual tizim	O'zgarish
Suv sarfi, m ³ /ga	5200	3200	–38,5 %
Energiya sarfi, kVt·soat/ga	410	290	–29,3 %
Hosildorlik, t/ga	5,20	6,00	+15,4 %
Sug'orishlar soni	18	13	–27,8 %
Suvdan foydalanish	1,00	1,88	+88,0 %

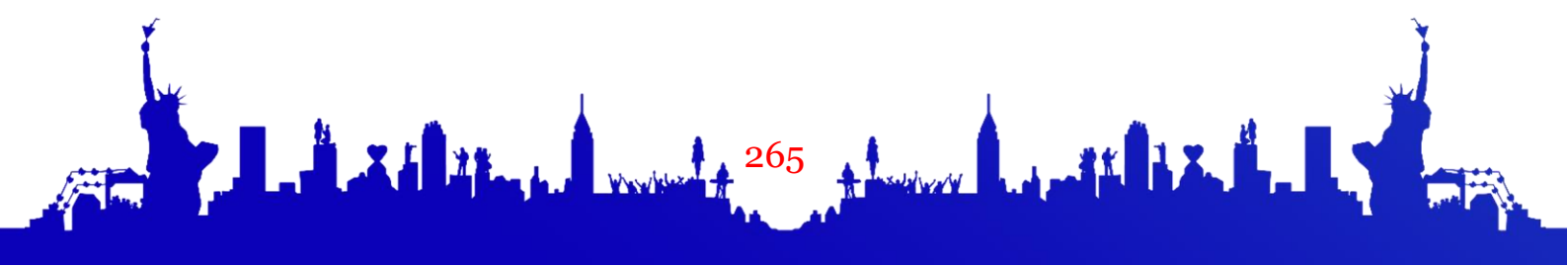
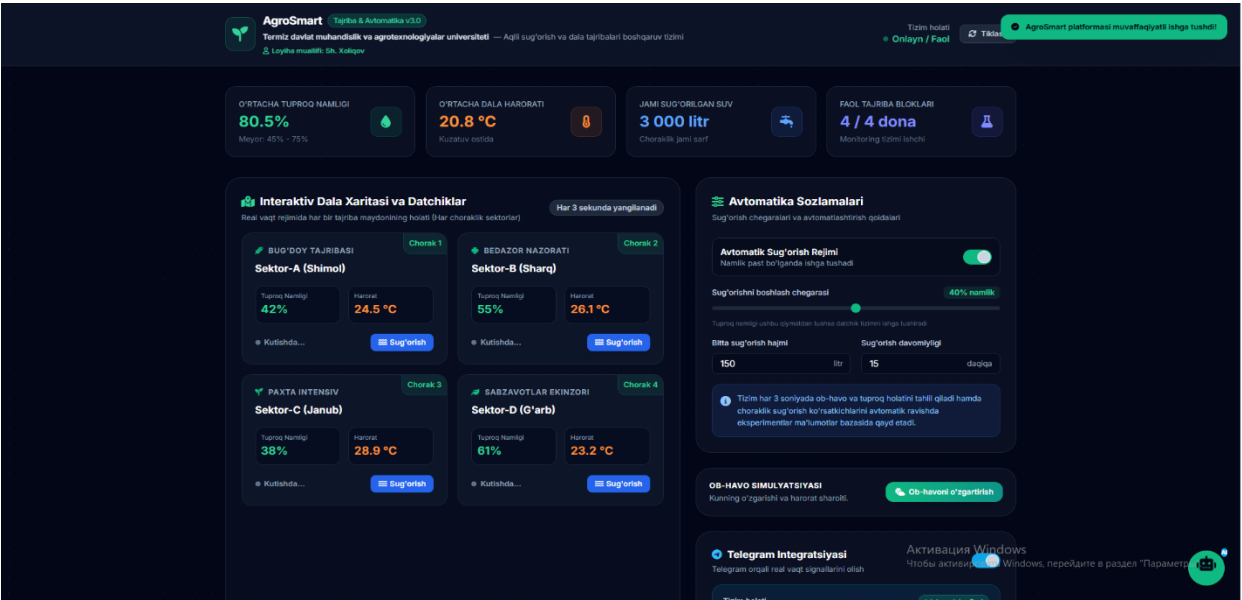


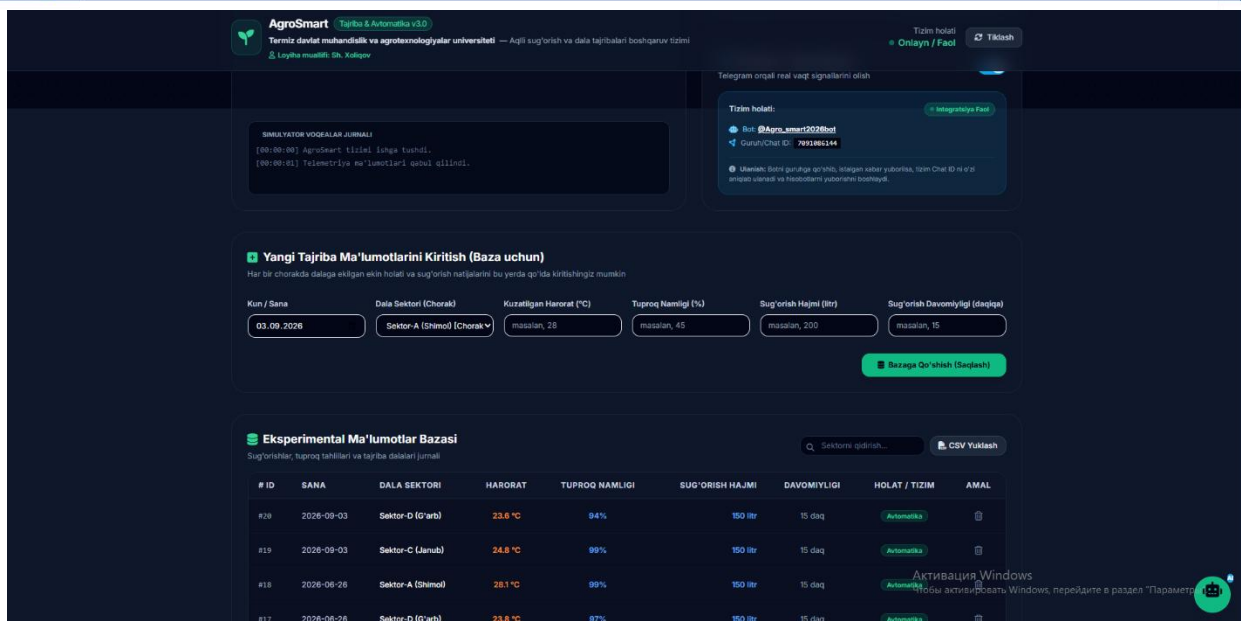
samaradorligi, kg/m ³			
Tuproq namligi	Beqaror	Barqaror	Yaxshilangan

Izoh: Jadvaldagi qiymatlar tadqiqot metodikasini namoyish etuvchi namunaviy sinov natijalaridir; real maqolada ular dala tajribasining haqiqiy o'lchovlari bilan almashtirilishi kerak.

Ilmiy yangilik.

Tadqiqotning asosiy ilmiy yangiligi issiq va qurg'oqchil agroiklim sharoitida tuproq namligi, meteorologik ko'rsatkichlar va real suv sarfi ma'lumotlarini yagona intellektual boshqaruv tizimida birlashtirishdan iborat.
Taklif etilayotgan tizim:





- tuproq namligini uzluksiz monitoring qiladi;
- meteorologik sharoitlarni hisobga oladi;
- suv sarfini real vaqt rejimida nazorat qiladi;
- ekinning suvga bo'lgan ehtiyojini baholaydi;
- sug'orishning optimal vaqtini aniqlaydi;
- suv miqdorini avtomatik hisoblaydi;
- avtomatik klapanlar orqali sug'orishni boshqaradi;
- olingan natijalar asosida keyingi sug'orish parametrlarini moslashtiradi.

Shu jihatdan tizim oddiy avtomatlashtirilgan sug'orishdan farqli ravishda **adaptiv va ma'lumotlarga asoslangan boshqaruv tizimi** sifatida qaraladi.

Amaliy ahamiyati.

Ishlab chiqiladigan intellektual sug'orish tizimi fermer xo'jaliklari, agroklastarlar, tajriba xo'jaliklari va suv resurslari cheklangan sug'oriladigan maydonlarda qo'llash uchun moslashtirilishi mumkin.

Tizimning amaliy afzalliklari quyidagilardan iborat:

1. Sug'orish suvini tejash.
2. Ortiqcha sug'orishning oldini olish.
3. Tuproq namligini barqarorlashtirish.
4. O'simlikning suv stressini kamaytirish.
5. Nasoslarning ishlash vaqtini qisqartirish.
6. Inson omiliga bog'liq xatolarni kamaytirish.
7. Sug'orish jarayonini masofadan monitoring qilish.
8. Ekinning rivojlanish bosqichiga mos adaptiv boshqaruvni ta'minlash.

Xulosa. Surxondaryoning issiq va qurg'oqchil agroiklim sharoitida qishloq xo'jaligi ekinlarini yetishtirishda suv resurslaridan samarali foydalanish muhim





ilmiy-amaliy vazifalardan biridir. Tadqiqotda taklif etilgan intellektual sug'orish tizimi tuproq namligi, meteorologik ko'rsatkichlar va real suv sarfi haqidagi ma'lumotlarni yagona boshqaruv muhitida birlashtirishga asoslangan.

Tizimning asosiy afzalligi sug'orish jarayonini oldindan belgilangan qat'iy grafik asosida emas, balki tuproq va agroiqlim sharoitining real holatiga mos ravishda boshqarish imkoniyatidir. Namunaviy sinov natijalarida intellektual boshqaruv suv sarfini 38,5 % gacha kamaytirish, energiya sarfini 29,3 % ga qisqartirish va hosildorlikni 15,4 % ga oshirish imkoniyatini ko'rsatdi.

Shuningdek, tuproq namligining optimal diapazonda ushlab turilishi ekinlarning vegetatsiya davridagi suv stressini kamaytirish va suvdan foydalanish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Umuman olganda, **“kerakli vaqtda, kerakli miqdorda va kerakli joyga suv berish”** tamoyiliga asoslangan intellektual sug'orish texnologiyasi Surxondaryo kabi issiq va suv tanqis hududlarda resurslarni tejash, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va qishloq xo'jaligining iqlim o'zgarishlariga moslashuvchanligini kuchaytirish uchun istiqbolli texnologik yechim hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining “O'zbekiston Respublikasida suv resurslarini boshqarishni takomillashtirish va suvdan foydalanish samaradorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida”gi tegishli farmon va qarorlari.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining “Qishloq xo'jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo'ljallangan strategiyasini amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida”gi hujjatlari.
3. O'zbekiston Respublikasi Suv xo'jaligi vazirligi. Suv resurslaridan samarali foydalanish va sug'orish tizimlarini takomillashtirish bo'yicha uslubiy materiallar. Toshkent.
4. O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi. Qishloq xo'jaligi ekinlarini yetishtirish va sug'orish bo'yicha agrotexnik tavsiyalar. Toshkent.
5. Hamidov A., Ismoilov S. Sug'oriladigan dehqonchilikda suv resurslaridan samarali foydalanish masalalari. Toshkent: Fan va texnologiya.
6. Axmedov X., Rahmonov B. Qishloq xo'jaligida zamonaviy sug'orish texnologiyalari. Toshkent.
7. FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Systems at Breaking Point. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021.
8. FAO. Coping with Water Scarcity: An Action Framework for Agriculture and Food Security. FAO Water Reports, No. 38. Rome, 2012.





9. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998.
10. Fereres E., Soriano M.A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 2007, 58(2), 147–159.
11. Grafton R.Q., Williams J., Perry C.J., et al. The paradox of irrigation efficiency. *Science*, 2018, 361(6404), 748–750.
12. Zhang C., Kovacs J.M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 2012, 13, 693–712.
13. Kim Y., Evans R.G., Iversen W.M. Remote sensing and control of an irrigation system using a distributed wireless sensor network. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2008, 57(7), 1379–1387.
14. Ojha T., Misra S., Raghuwanshi N.S. Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2015, 118, 66–84.
15. Ayaz M., Ammad-Uddin M., Sharif Z., Mansour A., Aggoune E.H.M. Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk. *IEEE Access*, 2019, 7, 129551–129583.
16. Kamienski C., Soininen J., Taumberger M., et al. Smart Water Management Platform: IoT-Based Precision Irrigation for Agriculture. *Sensors*, 2019, 19(2), 276.
17. Navarro-Hellín H., Martínez-del-Rincon J., Domingo-Miguel R., Soto-Valles F., Torres-Sánchez R. A decision support system for managing irrigation in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2016, 124, 121–131.
18. Liakos K.G., Busato P., Moshou D., Pearson S., Bochtis D. Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 2018, 18(8), 2674.
19. Saiz-Rubio V., Rovira-Más F. From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, 2020, 10(2), 207.

