



## TUPROQ NAMLIGI PROGNOZI ASOSIDA ISSIQXONA SUG'ORISHINI INTELLEKTUAL BOSHQARISHNING ADAPTIV MODELI

Teshaboyev Elshodbek G'ofir o'g'li

*Axborot texnologiyalari va menejment universiteti, magistrant*

**Annotatsiya:** Mazkur maqolada issiqxona sharoitida tuproq namligini oldindan prognozlash va shu asosda sug'orish jarayonini avtomatik boshqarishga mo'ljallangan sun'iy intellekt tizimi taklif etiladi. Tadqiqotning dolzarbligi suv resurslaridan oqilona foydalanish, issiqxona ekinlarida namlik rejimini barqaror saqlash va inson omiliga bog'liq xatolarni kamaytirish zarurati bilan belgilanadi. Zamonaviy issiqxonalarda tuproq namligi, havo harorati, nisbiy namlik, yorug'lik va o'simlik rivojlanish bosqichi sug'orish qaroriga birgalikda ta'sir ko'rsatadi. So'nggi adabiyotlarda mashinali o'qitish asosidagi smart irrigation tizimlari an'anaviy yondashuvlardan samaraliroq ekani, issiqxona sharoitida esa sensorlar va ma'lumotga asoslangan boshqaruv suv sarfini kamaytirish bilan birga hosildorlik va resurs samaradorligini yaxshilashi ko'rsatilgan.

Mazkur ishda sensor ma'lumotlari asosida tuproq namligini qisqa muddatli prognozlovchi model, qaror qabul qiluvchi sug'orish moduli va ijro mexanizmlarini boshqaruvchi dasturiy-arxitektura birlashtirilgan. Taklif etilgan yondashuv sug'orishni faqat joriy namlikka qarab emas, balki yaqin vaqt oralig'idagi namlik dinamikasini hisobga olib boshqarishni nazarda tutadi. Bu esa ortiqcha sug'orish, namlik tanqisligi va suv isrofini kamaytirishga xizmat qiladi.

**Kalit so'zlar:** issiqxona, tuproq namligi, sun'iy intellekt, mashinali o'qitish, aqlli sug'orish, prognozlash, sensorlar, avtomatlashtirish, IoT, suv samaradorligi.

### KIRISH

Issiqxona xo'jaligida sug'orish rejimini to'g'ri tashkil etish hosil sifati, o'simlik rivojlanishi va suv resurslaridan foydalanish samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biridir. FAO materiallarida issiqxona ekinlari uchun sug'orish boshqaruvida ildiz zonasidagi tuproq namligini muntazam kuzatish, kerakli suv hajmini hisoblash va namlikni dala nam sig'imiga yaqin darajada ushlab turish muhimligi alohida ta'kidlangan. Shuningdek, tuproq yoki o'simlik holatini kuzatuvchi sensorlar irrigatsiyani avtomatik faollashtirishgacha olib boruvchi monitoring vositasi sifatida tavsiya etiladi.

An'anaviy sug'orish amaliyotida qaror ko'pincha agronom tajribasi, qat'iy vaqt oralig'i yoki bir martalik namlik o'lchoviga asoslanadi. Bunday yondashuv issiqxona muhitining dinamik xususiyatlarini to'liq aks ettirmaydi, chunki tuproq namligi bir vaqtning o'zida harorat, yorug'lik, havo namligi, karbonat angidrid, o'simlikning rivojlanish bosqichi va avvalgi sug'orish rejimiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Greenhouse sharoitida aynan shu omillarning o'zaro ta'siri qaror qabul qilishni murakkablashtiradi va ma'lumotga asoslangan intellektual yondashuvni talab qiladi.

So'nggi yillarda smart irrigation tizimlarida mashinali o'qitish modellaridan foydalanish kengaydi. 2024-yildagi tizimli sharhda 2017–2023 yillardagi 55 ta tadqiqot tahlil qilinib, smart irrigation tizimlarida to'qqizta keng qo'llanadigan ML modeli



aniqlangan va bu modellar ko'plab holatlarda an'anaviy yondashuvlardan ustun ekani qayd etilgan. Smart greenhouses bo'yicha sharhlarda esa AI suv va o'g'itdan foydalanish samaradorligini oshirish, hosildorlikni yaxshilash va barqarorlikni kuchaytirishda muhim vosita sifatida baholangan.

Amaliy tadqiqotlar ham bu yo'nalishning samaradorligini tasdiqlaydi. Masalan, issiqxona tuproq namligi va yorug'likni birgalikda boshqarishga oid tadqiqotda mashinali o'qitish asosidagi strategiya suv sarfini sezilarli kamaytirgan. Gilos pomidori bo'yicha 2025-yilgi tadqiqotda sakkizta model ichida XGBoost eng yaxshi natijani ko'rsatgan va AI boshqaruvli sug'orish tizimi dala sinovlarida hosildorlik hamda suv samaradorligini yaxshilagan.

Shu asosda mazkur tadqiqotning maqsadi issiqxona sharoitida tuproq namligini prognozlovchi va prognoz natijasi asosida sug'orishni avtomatik boshqaruvchi sun'iy intellekt tizimini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot vazifalari sifatida sensor ma'lumotlarini yig'ish, kirish belgilarini tanlash, prognozlash modelini qurish, qaror qabul qilish modulini ishlab chiqish va prototip arxitekturasini taklif etish belgilandi.

#### MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqotda issiqxona ichki muhitini ifodalovchi ko'p manbali ma'lumotlar asosiy material sifatida tanlandi. Ular tarkibiga tuproq namligi sensori ko'rsatkichlari, havo harorati, nisbiy namlik, yorug'lik intensivligi, sug'orishning boshlanish va tugash vaqti, avvalgi sug'orish hajmi, sutkalik o'zgarish dinamikasi hamda o'simlikning rivojlanish bosqichiga oid ma'lumotlar kiritildi. Bunday belgilar to'plami issiqxona ichida namlik rejimi faqat bitta ko'rsatkich bilan emas, balki bir nechta omillarning birgalikdagi ta'siri bilan shakllanishi haqidagi ilmiy qarashlarga mos keladi. Greenhouse tajribalarida tuproq namligi, harorat, yorug'lik va boshqa omillarning birgalikda hisobga olinishi irrigatsiya qarorining aniqligini oshirishi ko'rsatilgan.

Ma'lumotlarni yig'ish jarayoni real vaqt monitoring tamoyiliga asoslandi. Sensorlardan olingan qiymatlar ma'lum vaqt oralig'ida mikrokontroller yoki edge-qurilma orqali to'planadi, keyin filtrlash va tozalash bosqichidan o'tkaziladi. Ushbu bosqichda yo'qolgan qiymatlar, keskin sakrashlar va nosoz sensor sababli paydo bo'ladigan xatoliklar aniqlanadi. So'ng ma'lumotlar vaqt bo'yicha tartiblanib, prognozlash modeli uchun ketma-ketlik ko'rinishida tayyorlanadi. FAO manbalarida ham sensorlar uzluksiz yozuv rejimida qo'llanganda ekin suv iste'moli va namlik dinamikasini batafsilroq kuzatish imkonini berishi qayd etiladi.

Prognozlash moduli uchun mashinali o'qitishning nazoratli usullari tanlandi. Dastlab Random Forest, XGBoost va LSTM kabi modellarni qiyoslash yondashuvi ko'zda tutiladi. Random Forest va XGBoost kichik va o'rta hajmdagi ko'p o'lchovli sensor ma'lumotlari bilan ishlashda barqaror natija berishi, LSTM esa vaqt bo'yicha bog'liq ketma-ketliklarni o'rganishda qulayligi bilan ajralib turadi. Smart irrigation bo'yicha tizimli sharhlar ML modellarining samaradorligini qayd etsa, issiqxona gilos pomidori tajribasida XGBoost eng yaxshi prognoz natijasini bergan.

Qaror qabul qiluvchi modul prognoz qilingan tuproq namligi qiymatini oldindan belgilangan agrotexnik chegaralar bilan taqqoslaydi. Agar model yaqin vaqt ichida namlik kritik past chegaraga tushishini ko'rsatsa, tizim sug'orishni avtomatik ishga tushiradi; agar



namlik yetarli bo'lsa, sug'orish kechiktiriladi yoki to'xtatiladi. Bu yondashuv joriy namlikka reaktiv javob qaytarishdan ko'ra oldindan boshqarish tamoyiliga asoslanadi. FAO hujjatlarida ham sug'orish boshqaruvi namlikning quyi va yuqori chegaralari orasida olib borilishi, ya'ni qachon sug'orishni boshlash va qachon to'xtatish mezonlari muhim ekani ko'rsatilgan.

Tizim arxitekturasi to'rtta asosiy moduldan iborat qilib loyihalandi. Birinchi modul sensor ma'lumotlarini yig'adi va saqlaydi. Ikkinchi modul ma'lumotlarni tayyorlaydi va prognozlash modeliga uzatadi. Uchinchi modul sun'iy intellekt asosida kelgusi namlik holatini baholaydi. To'rtinchi modul esa nasos, elektromagnit klapan yoki tomchilatib sug'orish liniyasini boshqaradi. Zarurat tug'ilganda mobil ilova yoki veb-panel orqali foydalanuvchiga joriy holat, prognoz va bajarilgan sug'orish qarorlari ko'rsatiladi. Smart greenhouse tadqiqotlari AI, IoT va avtomatik boshqaruvning integratsiyasi resurslardan foydalanish samaradorligini oshirishini ko'rsatadi.

### NATIJALAR

Tadqiqot natijasida issiqxona uchun konseptual aqlli sug'orish tizimi modeli shakllantirildi. Ushbu modelda tuproq namligi sensori ko'rsatkichlari va mikroiklim parametrlari birgalikda qayta ishlanadi, prognozlash moduli esa namlikning yaqin vaqt oralig'idagi o'zgarishini oldindan baholaydi. Natijada sug'orish qarori namlik pasayib ketganidan keyin emas, balki pasayish kutilayotgan paytda qabul qilinadi. Bu yondashuv sug'orishning yanada moslashuvchan va resurs tejankor bo'lishiga zamin yaratadi.

Taklif etilgan modelning asosiy amaliy natijasi shundan iboratki, tizim sug'orishni faqat "namlik hozir past" degan prinsip asosida emas, balki "namlik ma'lum vaqt ichida qaysi chegaraga tushadi" degan prognozli prinsip asosida boshqaradi. Bu yondashuv issiqxona ichidagi keskin namlik tebranishlarini kamaytiradi, ildiz zonasida ortiqcha namlik to'planishining oldini oladi va suv berish vaqtini ekin ehtiyojiga yaqinlashtiradi. Mazkur natija smart irrigation va greenhouse nazoratiga oid zamonaviy adabiyotlarda ko'rsatilgan ma'lumotga asoslangan boshqaruv falsafasiga mos keladi.

Prototip uchun ishlab chiqilgan funksional ssenariyda tizim quyidagi ketma-ketlikda ishlaydi: sensor ma'lumotlari olinadi, tozalanadi, prognoz modeli ishga tushiriladi, sug'orish bo'yicha qaror chiqariladi va ijro mexanizmi faollashtiriladi. Ushbu zanjir inson ishtirokini kamaytiradi va kechikkan qarorlar ulushini pasaytiradi. Natijada tizim suv tejash, mehnat xarajatini kamaytirish va sug'orish rejimini standartlashtirish imkoniyatini beradi.

Konseptual baholashda tizimning samaradorligi to'rtta mezon bo'yicha yoritildi: tuproq namligini barqaror diapazonda ushlab turish, ortiqcha sug'orish holatlarini kamaytirish, sug'orish qarorining tezkorligi va boshqaruvning takrorlanuvchanligi. Bu mezonlar issiqxona amaliyoti uchun muhim, chunki suvdan foydalanish samaradorligi va namlik rejimining bir xilligi o'simlik stressini kamaytiradi hamda agrotexnik boshqaruv sifatini oshiradi. FAO manbalari va zamonaviy greenhouse tadqiqotlari sensorlar hamda ma'lumotga asoslangan sug'orish aynan shu yo'nalishlarda ustunlik berishini ko'rsatadi.

### MUHOKAMA

Taklif etilgan tizimning asosiy ustunligi — qaror qabul qilishda joriy sensor qiymatlaridan tashqari, namlik dinamikasini ham hisobga olishidadir. Odatdagi avtomatik sug'orish tizimlari ko'pincha faqat bir chegaraviy qiymat asosida ishlaydi. Bunday tizim



namlikni nazorat qilsa-da, issiqxona muhiti tez o'zgaradigan paytlarda kechikkan yoki ortiqcha javob berishi mumkin. Prognozga asoslangan boshqaruv esa sug'orishni yanada "oldindan ko'ruvchi" holga keltiradi.

Yana bir muhim afzallik shundaki, model o'simlik rivojlanish bosqichi va tashqi sharoit o'zgarishiga moslashtirilishi mumkin. 2025-yildagi cherry tomato tadqiqotida yorug'lik sharoiti va o'sish bosqichlari optimal sug'orish miqdorini sezilarli o'zgartirishi ko'rsatilgan. Demak, har bir ekin, mavsum yoki issiqxona uchun yagona qat'iy sug'orish jadvali emas, balki moslashuvchan model ko'proq samara beradi.

Biroq tizimni amaliyotga joriy etishda ayrim cheklovlar ham mavjud. Birinchidan, prognoz sifatining yuqoriligi sensor ma'lumotlari sifati va uzluksizligiga bog'liq. Ikkinchidan, modelni bitta ekin yoki bitta issiqxona bo'yicha o'qitib, boshqa sharoitga to'g'ridan-to'g'ri ko'chirish har doim ham to'g'ri bo'lmaydi. Uchinchidan, AI tizimlari uchun dastlabki uskuna va integratsiya xarajatlari kichik xo'jaliklar uchun to'siq bo'lishi mumkin. Smart greenhouse sharhlarida ham aynan xarajat, tijratlashtirish, ma'lumot sifati va texnologiyani qabul qilish masalalari muhim cheklov sifatida ko'rsatilgan.

Shu sababli kelgusida bunday tizimni izohlanuvchi sun'iy intellekt, ob-havo prognozi, o'simlikning o'sish ko'rsatkichlari va energiya iste'moli modullari bilan boyitish maqsadga muvofiq. Bu esa sug'orishdan tashqari issiqxona boshqaruvining boshqa elementlarini ham yagona aqlli platformaga birlashtirish imkonini beradi.

#### XULOSA

Mazkur maqolada issiqxona sharoitida tuproq namligini oldindan prognozlash va sug'orishni avtomatik boshqarishga mo'ljallangan sun'iy intellekt tizimi taklif etildi. Tizimning asosiy g'oyasi joriy namlikka reaktiv javob berishdan ko'ra, yaqin vaqt oralig'idagi namlik holatini bashoratlash va shu bashorat asosida sug'orish qarorini chiqarishdan iborat.

Taklif etilgan yondashuv sensor monitoringi, mashinali o'qitish va ijro mexanizmlarini yagona boshqaruv zanjiriga birlashtiradi. Uning kutilayotgan amaliy samarasiga suv sarfini kamaytirish, namlik tebranishlarini barqarorlashtirish, ortiqcha sug'orishning oldini olish va issiqxona boshqaruvida inson omiliga bog'liq noaniqliklarni qisqartirish kiradi. Bunday yondashuv smart irrigation va smart greenhouse konsepsiyalari bilan mos bo'lib, suv va resurslardan foydalanish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kelgusida real tajriba ma'lumotlari asosida modelni o'qitish, Random Forest, XGBoost va LSTM modellarini aniq qiyoslash, turli ekinlar uchun optimal namlik diapazonlarini moslashtirish hamda tizimni IoT platformasi bilan integratsiyalash istiqbolli yo'nalish sifatida qaraladi.

#### FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Pardayeva G. A., Ashirov M. B. AN OPTIMIZED SYSTEM MODEL AND SOFTWARE TOOL FOR PASSENGER TRANSPORTATION MANAGEMENT //UNIVERSAL JOURNAL OF ACADEMIC AND MULTIDISCIPLINARY RESEARCH. –



2026. – Т. 4. – №. 32. – С. 123-126. Normatov D.A., Raxmatullaev Sh.R. Axborot tizimlarini loyihalash va boshqarish. – Toshkent: O'zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2019.

2. Abdunazarovna P. G. A PROJECT-BASED WAY TO USE OPEN BIOLOGICAL DATA IN BIOINFORMATICS EDUCATION //Universum: психология и образование. – 2026. – Т. 2. – №. 1 (139). – С. 31-32.

3. Berdiev G., Ochilova S., Norboboev A. System analysis and virtual simulation integration to improve physics education through a web platform //Engineer. – 2025. – Т. 3. – №. 4. – С. 16-19.

4. Rashidovich B. G. DESIGNING FRACTAL BUILDINGS USING ITERATIVE FUNCTION SYSTEMS.

5. Ugli NBU, Baxtiyorovna NS RIVOJLANGAN BIOMETRIK AVTENTIKATSIYA TIZIMLARI: ALGORITMIK MODELLAR, XAVFSIZLIK TAHDIDLARI VA MULTIMODAL BAHOLASH DOIRALARINI CHUQUR O'RGANISH //Universum: texnik fanlar. – 2026. – Т. 6. – № 1 (142). – 64-68-betlar.

6. Ахматова С., Пардаева Г. Применение проблемного обучения в среде мобильного обучения //International journal of scientific researchers (IJSR) INDEXING. – 2024. – Т. 6. – №. 14. – С. 178-181.

7. Ochilova S., Berdiyev G., Xujaqulov N. Fraktal nazariyasiga asoslangan musiqa kompozitsiyasining tahliliy usullari //Journal of Transport. – 2025. – Т. 2. – №. 3. – С. 136-139.

8. Ugli NBU, Ugli ATK ADAPTIV MULTIMODAL BIOMETRIK AVTENTIKATSIYA TIZIMLARI: LOYIHALASH, BAHOLASH VA XAVFSIZLIK QIYINCHILIKLARINING INSONGA YO'NALGAN TAHLILI //Universum: texnik fanlar. - 2026. - 6-jild. - 1-son (142). - 69-72-betlar.

9. Qodirovich QB JARAYONLARNI TIZIMLI TAHLIL QILISHDA ZAMONAVIY VOSITALAR //ZAMONAVIY TA'LIM TIZIMINI RIVOJLANTIRISH VA UNGA QARATILGAN KREATIV G'OYALAR, TAKLIFLAR VA YECHIMLAR. – 2025. – Т. 8. – No 80. – 321-324-betlar.