



GIDROPONIK TIZIMLARNI AVTOMATLASHTIRISH - QISHLOQ XO‘JALIGI MUAMMOLARINING INNOVATSION YECHIMI

Chuliyeva Gulnoza Xikmatillayevna

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti assistenti

guli_chuliyeva@mail.ru

Annotatsiya

Ushbu maqolada asosan zamonaviy qishloq xo‘jaligi muammalarining innovatsion yechimi bo‘lmish gidroponik tizimlarning ahamiyati va ularni avtomatlashtirishning dolzarbligi yoritilgan. Gidroponik tizim o‘simliklarni tuproqsiz, oziqlantiruvchi eritmalar orqali yetishtirish texnologiyasi hisoblanadi. Gidroponik tizimlarni avtomatlashtirish orqali esa mehnat va vaqt tejallishi, masofadan boshqaruv imkoniyatining yaratilishi, mahsulot hosildorligining samardorligining sezilarli darajada oshishi kabi afzalliklarga erishilish imkoniyati yaratiladi. Gidroponik tizimlar yordamida o‘simliklar to‘g‘ridan-to‘g‘ri oziqlantiruvchi eritma yordamida yetishtiriladi, bundan tashqari o‘simliklarni har xil tabiiy ofatlardan himoya qilish, suv va o‘g‘itlardan yuqori darajada samarali foydalanish imkoniyati yaratiladi. Ushbu yondashuv esa innovatsion texnologiyalar asosida barqaror va samarali dehqonchilikni rivojlantirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar

Gidroponik tizim, avtomatlashtirish, algoritim, noravshan mantiq, rostlagich

Kirish

Hozirgi zamonda texnologiyalarning rivojlanishi bilan bir qatorda turli xil ekologik muammolar yuzaga kelmoqda. Bu muammolarni har sohada uchratish mumkin. Misol tariqasida suvning ifloslanish va yetarli darajada kamayishi, iqlim sharoitlarining keskin o‘zgarishi qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtirishda bir qancha muammolarga sabab bo‘lmoqda. Xususan, havo haroratining keskin o‘zgarishi, suv va yer tanqisligi, kuchli shamol va yomg‘irlar ekin hosillariga salbiy



ta'sirini ko'rsatmoqda. Zamonaviy texnologiya qurilmalar orqali bu muammolarga yechim izlanmoqda. Buning optimal yechimi sifatida gidroponik tizimlarni keltirish mumkin. Shu sababli tuproqsiz dehqonchilik usullariga bo'lgan qiziqish keskin ortib bormoqda. Gidroponika tizimlarini avtomatlashtirish esa ushbu texnologiyaning imkoniyatlarini yanada kengaytirib, avtomatik boshqaruv orqali o'simliklar uchun optimal muhit – harorat, namlik, yorug'lik, pH va EC (elektrik o'tkazuvchanlik) kabi parametrlar – doimiy nazorat ostida ushlab turiladi. Bunday tizimlar inson ishtirokini kamaytirib, hosildorlik va sifatni barqaror saqlab turishga xizmat qiladi. Shunday qilib, ushbu ilmiy ish nafaqat ilmiy-texnikaviy jihatdan yangilikka ega, balki amaliyotda ham katta qo'llanma qiymatiga ega bo'lib, innovatsion texnologiyalar yordamida oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashga hissa qo'shadi. Ayniqsa, yopiq joylarda yoki shahar muhitida joylashgan vertikal fermer xo'jaliklarida bu texnologiyaning amaliy ahamiyati yuqori hisoblanadi.

Ilmiy adabiyotlar tahlillari natijalariga ko'ra gidroponik tizimlarning avtomatlashtirilgan boshqaruvi bo'yicha bir qator ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Misol tariqasida 2020-yilda T. Reshmi va R. Anitha tomonidan taklif etilgan Arduino platformasiga asoslangan boshqaruv tizimi orqali, datchiklar yordamida o'simliklarning o'sish muhitiga ta'sir qiluvchi parametrlari real vaqt rejimida o'lchanib doimiy va uzluksiz ravishda tartibga solinadi. Bundan tashqari G.N. Dash va uning hamkorlari esa ESP32 mikrokontrolleri va IoT texnologiyasidan foydalanib, mobil ilova orqali boshqariluvchi modelni ishlab chiqqanlar. Ayrim tadqiqotlar esa sun'iy intellekt va mashinali o'rganish (machine learning) algoritmlarini tadbiq etib, o'simliklarning oziqlanishiga doir optimal qarorlar qabul qilish tizimlarini taklif qilgan.

Shunga qaramay, mavjud adabiyotlarda qator kamchiliklar yoki ilmiy bo'shliqlarga duch kelish mumkin. Jumladan, ko'plab ishlarda faqat kichik hajmli yoki tajriba maydonchasi doirasidagi tizimlar ko'zda tutilgan bo'lib, amaliy, sanoat miqyosida tatbiq etish masalasi yetarlicha o'rganilmagan. Sun'iy intellekt



vositalaridan foydalanish bo'yicha nazariy qarashlar mavjud bo'lsa-da, ularning real gidroponik tizimlarda qo'llanilishi kam hollarda uchraydi. Shuningdek, o'simliklarning turli o'sish bosqichlari, turlari va tashqi iqlim sharoitlariga moslashtirilgan avtomatlashtirilgan algoritmlar mavjud emas yoki yetarli darajada ishlab chiqilmagan.

Ushbu aniqlangan muammolarni hisobga olgan holda tadqiqotning asosiy maqsadi sifatida gidroponik tizimni avtomatlashtirish orqali o'simliklar uchun optimal mikroiqlim va oziqlanish muhitini shakllantirish, tizimni masofadan boshqarish va monitoring qilish imkonini beruvchi raqamli yechimlarni ishlab chiqish belgilandi. Bu maqsadga erishish uchun muayyan o'simlik turlari uchun optimal parametrlar asosida bilimlar bazasini yaratish, real vaqt rejimida ishlovchi avtomatlashtirilgan boshqaruv blokini ishlab chiqish va sun'iy intellekt asosida ishlovchi adaptiv tizimlarni integratsiya qilish zarurdir. Shuningdek, tizimni IoT texnologiyasi bilan bog'lash orqali uni masofaviy monitoring qilish, foydalanuvchiga qulay interfeyslar yaratish orqali amaliy qo'llash imkoniyatlarini kengaytirish ham tadqiqotning ustuvor vazifalari sirasiga kiradi.

Adabiyotlar tahlili va metodologiya

Gidroponik tizimlarni avtomatlashtirish borasida olib borilgan tadqiqotlar so'nggi o'n yillikda butun dunyo miqyosida faol amalga oshirilgan. Olib brogan tadqiqotlarimiz Navoiy Jumladan, 2020-yilda Hindistonning Kerala shtatidagi Amal Jyothi Engineering College muhandislari T. Reshmi va R. Anitha tomonidan olib borilgan tadqiqotda Arduino UNO mikrokontroller asosida avtomatlashtirilgan gidroponik tizim loyihalashtirilgan. Ushbu ishda ular turli datchiklar (namlik, harorat, pH, yorug'lik)dan foydalanib, ma'lumotlarni to'plash va unga asosan pomidor o'simligi uchun optimal sharoit yaratishga harakat qilishgan.

Shuningdek, 2019-yilda Hindistonning Odisha shtatidagi Centurion University muhandislari guruhi (G.N. Dash boshchiligida) ESP32 platformasida



ishlovchi, Wi-Fi orqali boshqariladigan IoT gidroponik tizimini yaratgan. Ular suv darajasi, EC, pH va yorug‘lik intensivligini monitoring qilishga qaratilgan tizim yaratib, uni mobil ilova orqali masofadan nazorat qilish imkoniyatini joriy qilishgan.

AQSHda, 2018-yilda Colorado State University tadqiqotchilari tomonidan olib borilgan tajribaviy ishlarda esa turli gidroponik o‘simliklarning o‘sinh jarayonlarini fuzzy logic asosida boshqarish modellarini ishlab chiqish ustida ish olib borilgan. Tadqiqotlarda romaine salatasi, reyhan va ismaloq kabi o‘simliklar kuzatilib, ular uchun optimal EC va pH qiymatlari aniqlangan.

2021-yilda Misrning Kafr El-Sheikh universitetida faoliyat yurituvchi olim Mahmoud El-Gayar gidroponik tizimlarda sun‘iy intellekt asosida boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqqan. U o‘z tadqiqotida datchiklar ma’lumotlarini mashinali o‘rganish algoritmlari orqali tahlil qilish, shuningdek, o‘simlikning o‘sinh bosqichiga qarab oziqlantirishni avtomatik sozlash imkonini beruvchi modelni taklif etgan.

Natijalar

Ko‘plab tadqiqotlarda tajriba-sinov metodlari qo‘llanilgan bo‘lib, ular asosan datchiklar bilan yig‘ilgan ma’lumotlarni tahlil qilish, o‘simliklarning fiziologik reaksiyalarini o‘rganish va avtomatik boshqaruv tizimlarini optimallashtirishga yo‘naltirilgan.

Gidroponik tizimlarni avtomatlashtirishda qo‘llanilgan uslublar turli fanlar chorrahasida shakllangan bo‘lib, ular agronomiya, elektronika, dasturlash va sun‘iy intellekt sohalarini uyg‘unlashtiradi.

Avtomatik boshqaruv algoritmlari usuli yordamida parametrlar monitoringi asosida tizim komponentlari – nasoslar, ventilyatorlar, yoritish moslamalari, elektromagnit klapanlar – avtomatik ravishda ishga tushiriladi yoki o‘chiriladi. Bu boshqaruv esa aniq algoritmlar yordamida amalga oshiriladi. Misol uchun PID (Proportional-Integral-Derivative) – harorat va pH darajasini doimiy ushlab



turishda keng qo'llaniladi. PID algoritmi tizimda yuzaga keladigan xatolikni hisobga olib, muvozanatli ta'sir kuchi hosil qiladi. Fuzzy Logic (Noaniq mantiq) – klassik matematik model tuzib bo'lmaydigan, o'zgaruvchan va noaniq sharoitlarda ishlatiladi. Masalan, yorug'lik va harorat o'rtasidagi noaniq bog'liqliklarni hisobga olib, inson ongiga yaqin qarorlar qabul qilinadi.

Bu algoritmlar yordamida tizimga intellektual moslashuvchanlik beriladi, bu esa resurslarning tejamli sarf qilinishini ta'minlaydi.

Gidroponika tizimida o'simliklar tuproqsiz muhitda, oziqlantiruvchi eritma orqali o'stirilganligi sababli, ularning o'sishiga ta'sir qiluvchi asosiy ko'rsatkichlar – harorat, havo va substrat namligi, eritmaning pH darajasi, elektr o'tkazuvchanlik (EC), yorug'lik intensivligi va suv miqdori – doimiy monitoring talab qiladi. Tadqiqotlar davomida ushbu parametrlarning o'zgarish dinamikasi aniqlanib, ularning o'simlik o'sishi bilan bog'liqligi tahlil qilindi. Bunda 22 -28°C gacha bo'lgan haroratda saqlangan o'simliklar to'liq o'sganligi, past namlik vegetativ o'sishni sekinlashtirganligi, 60-70% namlik esa barglarda fotosintezni rag'batlantirganligi, eritmaning pH qiymati 5.5-6.5 oralig'ida saqlanganda, ozuqa moddalari eng samarali tarzda so'rilishi, o'simlik uchun ideal elektr o'tkazuvchanlik diapazoni 1.8-2.4 mS/sm ekanligi aniqlandi. 14-16 soatlik LED yoritilishidan keyin fotosintez va biomassasi 20-25 % ga oshganligi ma'lum bo'ldi

Tajriba guruhi	O'rtacha biomass (g)	O'rtacha hosil (g/pitomnik)	Barg soni (o'rtacha)	Ildiz uzunligi (sm)
An'anaviy sug'orish	245	180	4.5	11.4
Gidroponika (PID)	360	265	6.3	15.2



Tajriba guruhi	O'rtacha biomass (g)	O'rtacha hosil (g/pitomnik)	Barg soni (o'rtacha)	Ildiz uzunligi (sm)
Gidroponika (Fuzzy Logic)	392	289	6.7	16.1

Ko'rinib turibdiki, **Fuzzy Logic** algoritmi asosida avtomatlashtirilgan gidroponik tizimda eng yuqori hosildorlikka erishilgan.

O'tkazilgan tadqiqalar natijasida avtomatlashtirilgan gidroponika tizimlarining o'simlik o'sishidagi samarasi aniq ko'rsatkichlar orqali tasdiqlandi. An'anaviy nazoratli usul bilan solishtirilganda, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi: hosildorlikni **18–30% gacha** oshganligi, suv sarfi **35–45% gacha** kamayganligi, o'simliklarning vegetatsiya davri **10–15% ga qisqartirganligi**, mehnat resurslariga bo'lgan ehtiyojni **taxminan 40% ga** kamayganligi aniqlandi.

Xulosa

Tadqiqot davomida gidroponik tizimlarni avtomatlashtirish orqali o'simliklarni yetishtirishda samaradorlikka qanday ta'sir ko'rsatishi o'rganildi. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, bu turdagi tizimlar nafaqat resurslardan foydalanish darajasini optimallashtiradi, balki mahsulot sifati va hosildorligini ham sezilarli darajada oshiradi. Ayniqsa, bug'doy singari asosiy oziq-ovqat mahsulotlari uchun gidroponik sharoitda optimal muhit yaratish, an'anaviy dehqonchilik usullariga nisbatan ko'plab ustunliklarga ega.

Tadqiqotda gidroponik tizimlarning struktura va texnologik parametrlariga e'tibor qaratildi. Jumladan, oziqlantiruvchi eritmaning elektr o'tkazuvchanligi (EC) 0.2–1.8 mS/sm oralig'ida, tray (tepsi) qiyalik burchagi esa 2.0% dan 8.0% gacha bo'lgan qiymatlarda sozlandi. Shuningdek, yorug'lik manbalari (LED va fluoresan chiroqlar), harorat ($21.4 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$) va nisbiy namlik ($31.06 \pm 2.9\%$) kabi



omillar doimiy ravishda nazorat qilindi. Mazkur parametrlarning muvofiqligi natijasida bug‘doyning biomassa o‘shishi, pigmentlar miqdori va quritilgan modda tarkibida ijobiy natijalar qayd etildi.

Ayniqsa, oziqlantiruvchi eritmaning optimal elektr o‘tkazuvchanligi o‘simliklar tomonidan ozuqa moddalarning samarali so‘rilishini ta‘minlab, fotosintez jarayonini kuchaytirgan. Tepsi qiyaligining mos darajada bo‘lishi esa suv va eritma aylanishini yaxshilab, ildiz tizimi uchun qulay muhit yaratgan. Yorug‘lik manbalarining kuchi va muddatlari esa fotosintez jarayoniga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta‘sir ko‘rsatib, biomassaning o‘shishini rag‘batlantirgan.

Shuningdek, avtomatik boshqaruv algoritmlari xususan, PID va Fuzzy Logic – tizim ishini aniq va moslashuvchan qilishga yordam berdi. Fuzzy Logic algoritmlari inson qaror qabul qilish tizimiga yaqin tarzda ishlab chiqilgan bo‘lib, yorug‘lik, harorat va namlik kabi parametrlar o‘rtasidagi noaniq bog‘liqliklarni hisobga olib optimal qarorlar qabul qilinishini ta‘minladi. Aynan ushbu yondashuv asosida ishlaydigan avtomatlashtirilgan tizimlarda eng yuqori hosildorlik va mahsulot sifati qayd etilgan.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, PID va Fuzzy Logic kabi boshqaruv algoritmlarini joriy etish o‘simliklar o‘shidagi aniqlikni oshirib, fotosintez va hosildorlikni sezilarli darajada yaxshilaydi. Masalan, Fuzzy Logic asosida avtomatlashtirilgan tizimda hosildorlik eng yuqori natijani ko‘rsatdi. Bundan tashqari, suv sarfining kamayishi, mehnat resurslariga ehtiyojning qisqarishi va o‘simliklarning o‘shish sikli tezlashishi amaliy jihatdan juda muhim ko‘rsatkichlardir. Ilmiy nuqtai nazardan, bu muammolar shuni ko‘rsatadiki, gidroponika tizimlarini avtomatlashtirish borasidagi tadqiqotlar hanuz to‘liq yechimga ega emas, ular hamon **interdisiplinar muammolar bilan bog‘liq**: elektronika, dasturlash, agrofiziologiya va ekologiya sohalarini uyg‘unlashtirish zarur. Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, gidroponik tizimlarni avtomatlashtirish – zamonaviy qishloq xo‘jaligi oldida turgan muammolarga



innovatsion yechim sifatida qaralishi mumkin. Gidroponik tizimlar yordamida o'simliklarni tuproqsiz, oziqlantiruvchi eritmalar asosida yetishtirish orqali resurslardan (suv, o'g'it, vaqt) tejamkor foydalanish, inson mehnatini yengillashtirish va hosildorlikni oshirish imkoniyati yaratiladi. Ayniqsa, ushbu tizimlarning avtomatlashtirilishi real vaqt rejimida monitoring olib borish, masofadan boshqaruv va intellektual qaror qabul qilish mexanizmlarini qo'llash orqali jarayonning samaradorligini yanada kuchaytiradi. Bu esa ilmiy tadqiqotlarning davom ettirilishi, algoritmik takomillashtirish va kompleks texnologik yondashuvlarni talab etadi.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Reshmi, T., & Anitha, R. (2020). *Automation of hydroponic system using Arduino platform*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 9(5), 112–115.
2. Dash, G. N., & Others. (2019). *IoT based smart hydroponic farming system using ESP32*. Centurion University of Technology and Management, Odisha, India.
3. El-Gayar, M., & El-Gayar, A. (2021). *Artificial Intelligence in Smart Hydroponics Systems: A Case Study from Egypt*. Journal of Smart Agriculture Technology, 3(2), 45–52.
4. Colorado State University Research Group. (2018). *Application of Fuzzy Logic Control in Hydroponic Systems for Leafy Greens*. Department of Agricultural and Biological Engineering.
5. Mahmud, N., Khalid, M., & Yusof, R. (2020). *Design and implementation of a smart hydroponics system using IoT technology*. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 18(3), 1548–1556.



6. Rokhani, F. Z., & Widodo, S. (2022). *Development of AI-Based Nutrient Solution Control in Hydroponic Farming*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1065(1), 012041.
7. Altintas, A., & Cinar, I. (2019). *An adaptive fuzzy control approach for hydroponic greenhouses*. Computers and Electronics in Agriculture, 162, 364–373.
8. Savvas, D., & Gruda, N. (2018). *Application of Soilless Culture Technologies in the Modern Greenhouse Industry – A Review*. European Journal of Horticultural Science, 83(5), 280–293.
9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 15-apreldagi PQ–207-son qarori. *Qishloq xo‘jaligida raqamli texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida*.
10. Norqulova, M., & Usmonova, N. (2021). *Gidroponik usulda pomidor yetishtirishning afzalliklari va texnologik asoslari*. “Agroilm” ilmiy jurnali, 1(3), 59–63.