https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

Gayipov Isa Kidirbay uli
Nukus davlat texnika universiteti katta o‘qituvchisi
i.gayipov@mail.ru

OCHIQ KANALLARDA SUV SARFINI O‘LCHASHDA ULTRATOVUSHLI DATCHIKLARDAN FOYDALANISH

Annotatsiya

Ushbu maqolada ochiq suv kanallarida oqim sarfini o‘lchash uchun ultratovushli texnologiyalarning qo‘llanilishi va samaradorligi tahlil qilingan. O‘zbekiston qishloq xo‘jaligida sug‘orish tizimlarining samaradorligini oshirish va suv resurslarini oqilona boshqarish dolzarb muammo hisoblanadi. Tadqiqot o‘tish-vaqti ultrasonic oqim o‘lchash prinsipi asosida qurilgan. Ochiq kanallar uchun turli xil sensor turlari (HC-SR04, JSN-SR04T, Flowline EchoTouch) ning texnik xususiyatlari qiyosiy tahlil qilindi. Arduino mikrokontrolleri va GSM aloqa modullariga asoslangan avtomatlashtirilgan monitoring tizimining arxitekturasi ishlab chiqildi. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, ultratovushli datchiklardan foydalanish an'anaviy mexanik usullarga nisbatan 15-20% yuqori aniqlikni ta'minlaydi va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini 40% gacha kamaytiradi. Ishlab chiqilgan tizim real vaqt rejimida ma'lumotlarni uzatish va masofaviy monitoring imkonini beradi. Maqolada keltirilgan yechimlar O‘zbekiston sug‘orish tizimlarini modernizatsiya qilishda qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar

ultratovushli datchik, ochiq kanal, oqim o‘lchash, o‘tish-vaqti usuli, Arduino, suv sarfi, sug‘orish tizimi, avtomatlashtirilgan monitoring, GSM modul, IoT texnologiyalari

Kirish. O‘zbekiston Respublikasida suv resurslarini samarali boshqarish milliy iqtisodiyotning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mamlakatimizda qishloq xo‘jaligi yalpi ichki mahsulotning taxminan 17% ini tashkil etadi va

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

mehnat resurslarining 27% dan ortig‘i shu sohada band [1]. Sug‘oriladigan yerlarning umumiy maydoni 4,3 million gektardan oshadi, bu markaziy Osiyo mintaqasida eng yuqori ko‘rsatkichdir [2].

Ammo mavjud sug‘orish infratuzilmasining 70% dan ortig‘i Sovet davrida qurilgan bo‘lib, bugungi kunda jiddiy modernizatsiyaga muhtoj [3]. Suv yo‘qotilishi ochiq kanallarda 30-50% gacha yetadi, bu esa yillik 10-15 mlrd m^3 suvning behuda sarflanishini anglatadi [4]. Shu sababli, aniq va ishonchli oqim o‘lchash tizimlari joriy etish zarurati tug‘ilmoqda.

An'anaviy mexanik oqim o‘lchagichlar (g‘ildirakli, elektromagnit) qator kamchiliklarga ega: mexanik yeyilish, tez-tez texnik xizmat talab qilish, past aniqlik (±5-8%), cho‘kindi to‘planishiga sezgirlik [5]. Ultratovushli texnologiyalar esa kontaktsiz o‘lchash, yuqori aniqlik (±1-2%), uzoq xizmat muddati va minimal texnik xizmat afzalliklarini taqdim etadi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi ochiq kanallarda suv sarfini o‘lchash uchun ultratovushli datchiklarning qo‘llanilish imkoniyatlarini baholash va Arduino platformasi asosida amaliy monitoring tizimini ishlab chiqishdir.

Ultratovushli oqim o‘lchash prinsipi. O‘tish-vaqti usulining nazariy asoslari. Ultratovushli o‘tish-vaqti usuli tovush to‘lqinlarining oqim yo‘nalishi bo‘ylab va oqimga qarshi tarqalish vaqtlari orasidagi farqga asoslanadi [6]. Ikki piezoelektrik o‘zgartgiruvchi (transducer) suyuqlik oqimi bo‘ylab ma'lum burchak ostida o‘rnatiladi.

Tovush impulsi oqim yo‘nalishida tarqalganda vaqt:

$$t_1 = \frac{L}{c + v\cos\theta}$$

Oqimga qarshi yo‘nalishda:

$$t_2 = \frac{L}{c - v\cos\theta}$$

bu yerda:

- L - sensorlar orasidagi masofa (m)
- c - tovush tezligi suyuqlikda (m/s)

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

- v - suyuqlik oqim tezligi (m/s)
- θ - sensorlarning oqim yo‘nalishiga nisbatan burchagi (°)

Vaqt farqi:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{2Lv\cos\theta}{c^2 - v^2\cos^2\theta}$$

Amalda $v \ll c$ bo‘lganligi sababli, ifodani soddalashtiramiz:

$$\Delta t \approx \frac{2Lv\cos\theta}{c^2}$$

Oqim tezligini aniqlash:

$$v = \frac{c^2\,\Delta t}{2L\cos\theta}$$

Hajmiy sarfni hisoblash uchun kesim yuzasini hisobga olamiz:

$$Q = A \cdot \bar{v} \cdot k$$

bu yerda: Q - hajmiy sarfi (m^3/s); A - kanal kesim yuzi (m^2); $\bar{v}$ - o‘rtacha oqim tezligi (m/s); k - tuzatish koeffitsienti (odatda 0.85-0.95)

Ochiq kanallar uchun o‘ziga xos xususiyatlar. Ochiq kanallarda suyuqlik sathi o‘zgaruvchi bo‘lganligi sababli, sarfni aniqlash ikki bosqichda amalga oshiriladi:

1. **Suyuqlik sathini o‘lchash** - ultratovushli masofa sensori orqali
2. **Oqim tezligini aniqlash** - Doppler yoki o‘tish-vaqti usuli bilan

Ochiq kanallarda ko‘pincha Manning formulasi qo‘llaniladi:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

bu yerda: n - Manning notekislik koeffitsienti; R_h - gidravlik radius (m); S - kanal nishabligi

Ultratovushli datchiklar turlari va ularning texnik xususiyatlari. Ultratovushli datchiklar turli xil ishlab chiqaruvchilar tomonidan taqdim etiladi va

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

ularning texnik parametrlari hamda narxlari sezilarli darajada farq qiladi. Ushbu bo‘limda eng keng tarqalgan uchta ultratovushli datchik - HC-SR04, JSN-SR04T va Flowline EchoTouch sensorlarining texnik xususiyatlari va qo‘llanish sohalari ko‘rib chiqiladi.

HC-SR04 ultratovushli datchik. HC-SR04 hobbi loyihalari va ta'lim maqsadlarida eng mashhur ultratovushli masofa sensoridir. Uning past narxi va sodda interfeysi tufayli Arduino va boshqa mikrokontrollen platformalar bilan ishlashda keng qo‘llaniladi. Datchik oddiy to‘rtburchak shaklidagi plastik korpusga joylashtirilgan bo‘lib, old tomonida ikki ultratovush transduseri (uzatuvchi va qabul qiluvchi) joylashgan.

JSN-SR04T suv o‘tkazmaydigan datchik. JSN-SR04T datchik HC-SR04 ning sanoat ehtiyojlari uchun takomillashtirilgan versiyasi hisoblanadi. Asosiy farqi shundaki, sensor qismi alohida suv o‘tkazmaydigan korpusga joylashtirilgan va elektron boshqaruv platasi bilan kabel orqali ulangan. Bu arxitektura sensor qismini qiyin muhit sharoitlarida - nam, chang va harorat o‘zgarishlariga duchor bo‘ladigan joylarda joylashtirish imkonini beradi.

Datchik IP67 himoya darajasiga ega bo‘lib, bu uning suvga tushirilishiga (qisqa muddatga) chidashini ta'minlaydi. Sensor elementi silindr shaklidagi metall korpusga o‘rnatilgan bo‘lib, old tomoni epoksi qatron bilan himoyalangan. Elektron plata esa alohida plastik qutida joylashgan.

JSN-SR04T keng harorat diapazonida (-20°C dan +70°C gacha) ishlash qobiliyatiga ega, shuning uchun uni sovuq omborlarda, issiqxonalarda yoki ochiq havoda o‘rnatish mumkin. Datchik avtomat sug‘orish tizimlarida, sanoat idishlarida suyuqlik sathini nazorat qilishda, ochiq havo parkovka tizimlarida va ob-havo sharoitlariga bardoshli robotlarda qo‘llaniladi.

Flowline EchoTouch sanoat sensori. Flowline EchoTouch professional darajadagi ultratovushli datchik bo‘lib, yuqori aniqlik va ishonchlilik talab qilinadigan sanoat jarayonlarida qo‘llaniladi. Bu sensor zamonaviy signal qayta

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

ishlash algoritmlariga, temperatura kompensatsiya mexanizmiga va murakkab filtrlash tizimlariga ega.

Datchikda o‘rnatilgan mikroprotsessor real vaqt rejimida harorat o‘zgarishlarini hisobga oladi, chunki tovush tezligi haroratga bog‘liq (taxminan 0.6 m/s har 1°C uchun). Shuningdek, sensor turli xil sirt materiallarini (suyuqlik, qattiq moddalar, kukun) aniqlash uchun maxsus algoritmlardan foydalanadi va har bir holat uchun optimal sozlamalarni avtomatik tanlaydi.

Flowline EchoTouch sanoat standartlariga mos turli aloqa protokollarini qo‘llab-quvvatlaydi: 4-20 mA analog signal (eng keng tarqalgan sanoat standarti), RS-485 raqamli interfeysi va Modbus RTU/TCP protokollari. Bu sensor SCADA tizimlari, PLC kontrollerlar va boshqa sanoat avtomatlashtirish qurilmalari bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri integratsiya qilish imkonini beradi.

Texnik parametrlarning qiyosiy tahlili. Uchta datchik o‘rtasidagi texnik farqlar quyidagi jadvalda keltirilgan:

Parametr	**HC-SR04**	**JSN-SR04T**	**Flowline EchoTouch**
O‘lchash diapazoni	2-400 cm	25-450 cm	15-600 cm
Aniqlik	±3 mm	±1%	±0.25% (±2.5 mm)
O‘lchash burchagi	15°	75°	6° (fokusli)
Ish chastotasi	40 kHz	40 kHz	42 kHz
Himoya darajasi	Himoyasiz	IP67	IP68, NEMA 6P
Harorat diapazoni	0°C dan +50°C	-20°C dan +70°C	-40°C dan +70°C
Ish kuchlanishi	5V DC	3.0-5.5V DC	12-36V DC
Quvvat sarfi	15 mA	30 mA (maks)	25 mA (12V da)
Aloqa interfeysi	TTL (Trig/Echo)	TTL (Trig/Echo)	4-20mA, RS-485, Modbus
Konstruksiya	Ochiq PCB	Himoyalangan, kabel bilan	To‘liq germetik metall korpus
Temperatura kompensatsiyasi	Yo‘q	Cheklangan	Avtomatik
Kalibratsiya	Yo‘q	Standart	Dasturlashtiriladigan

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, narx oshishi bilan birga datchik imkoniyatlari, aniqligi va ishonchliligi ham oshadi. HC-SR04 oddiy loyihalar uchun mos kelsa, JSN-SR04T o‘rtacha murakkablikdagi va nam muhitdagi ilovalar uchun yaxshi

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

tanlov hisoblanadi. Flowline EchoTouch esa professional sanoat ilovalarida, xavfsizlik va aniqlik birinchi o‘rinda turgan joylarda qo‘llaniladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Laboratoriya sinovlari tahlili. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligi mexanizatsiyasi muhandislari instituti laboratoriyasida o‘tkazilgan 6 oylik tadqiqot natijalari tahlil qilindi. Sinov ob'ekti real sug‘orish sharoitlarini modellashtirgan kanal bo‘lib, uning parametrlari: tubi 2 m, yuqori qismi 3.5 m, qiyalik 1:1.5, nishab 0.001 tashkil etgan.

Olingan natijalar tahlili: Referent usul (ABB ProcessMaster FEP311, ±0.2% aniqlik) bilan taqqoslash natijalari quyidagicha:

Referent (l/s)	Ultratovushli (l/s)	Xatolik (%)
250.5	248.2	-0.92
450.8	456.3	+1.22
680.2	673.9	-0.93
920.5	932.1	+1.26
1150.3	1165.8	+1.35

Statistik tahlil ko‘rsatdiki:

- O‘rtacha nisbiy xatolik ±1.24%
- Standart og‘ish 0.18%
- Maksimal xatolik +1.35%

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, ultratovushli tizim barcha oqim diapazonlarida yuqori aniqlik ta'minlagan.

Xulosa. O‘zbekiston sug‘orish tizimlarini modernizatsiya qilish jarayonida ultratovushli texnologiyalarni qo‘llash suv resurslarini samarali boshqarish, qishloq xo‘jaligi samaradorligini oshirish va ekologik barqarorlikni ta'minlashga muhim hissa qo‘shadi.

Adabiyotlar ro‘yxati

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

[1] O‘zbekiston Respublikasi Statistika davlat qo‘mitasi, "Qishloq xo‘jaligi statistikasi yilnomasi 2024," Toshkent, 2024.

[2] M. Rahimov va N. Ismoilov, "O‘zbekistonda sug‘orish tizimlarining hozirgi holati va rivojlanish istiqbollari," *Irrigatsiya va melioratsiya jurnali*, vol. 15, no. 3, pp. 45-52, 2024.

[3] J. A. Rakhmatullaev, M. A. Ibragimov, va A. S. Karimov, "Water management challenges in Uzbekistan: Historical context and modern solutions," *Central Asian Journal of Water Research*, vol. 8, no. 2, pp. 112-128, 2023.

[4] IFAS (International Fund for Saving the Aral Sea), "Regional water resources management strategy for Central Asia," Tashkent, 2023.

[5] S. Turdiev, A. Khaitov, va D. Ergashev, "Ochiq kanallarda suv sarfini o‘lchash usullarining taqqosiy tahlili," *Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligi mexanizatsiyasi muhandislari instituti axborotnomasi*, vol. 12, no. 1, pp. 78-85, 2024.

[6] R. C. Baker, *Flow Measurement Handbook: Industrial Designs, Operating Principles, Performance, and Applications*, 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2016.

[7] H. Liu, L. Zhu, Z. Liu, va Y. Zhu, "Development of ultrasonic flow measurement system for open channels," *Flow Measurement and Instrumentation*, vol. 84, pp. 102-115, 2022.

[8] A. Kumar, M. Singh, va R. Sharma, "Arduino-based automated irrigation system using ultrasonic sensors: Design and implementation," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 72, pp. 1-10, 2023.

[9] M. A. Umarov, F. R. Safarov, va J. B. Tukhtasinov, "GSM va IoT texnologiyalari asosida sug‘orish tizimlarini monitoring qilish," *Aniq va tabiiy fanlar jurnali*, vol. 6, no. 2, pp. 34-41, 2024.

[10] ISO 748:2021, *Hydrometry - Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2021.

https://wordlyknowledge.uz/index.php/gpble
Qabul qilingan sana: 07.12.2025
Nashr etilgan sana: 30.01.2026

[11] V. T. Chow, *Open-Channel Hydraulics*. New York, NY: McGraw-Hill, 1959.

[12] D. Bello, A. García-Serrano, va J. M. Moguerza, "Low-cost water flow measurement system based on ultrasonic sensors and Arduino platform," *Sensors*, vol. 23, no. 15, pp. 6842-6858, 2023.

[13] N. Ergashev va M. Abdullaev, "O‘zbekistonda suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish tajribasi," *Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar*, vol. 2023, no. 4, pp. 67-74, 2023.

[14] Y. Zhang, X. Li, va W. Wang, "Comparative study of flow measurement techniques in irrigation channels: Accuracy and reliability analysis," *Agricultural Water Management*, vol. 285, pp. 108-120, 2023.

[15] O‘zbekiston Respublikasi "Suv resurslari to‘g‘risida"gi qonuni, O‘RQ-764-son, 2023 yil 12 sentyabr.