

KANAL-HIDROTEKNIK INSHOOT–KANAL TIZIMLARIDA SUV TAQSIMOTINI OPTIMALLASHTIRISH ALGORITMLARINI ISHLAB CHIQISH VA TAHLILI

Seytimbetov Dauletya Mambetyarovich¹

¹ Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

E-mail: desceptionishere@gmail.com

DOI: 10.61587/mmit.tiue.uz.v1i1.420

Annotatsiya. Maqolada kanal-hidrotekNIK inshoot-kanal tizimlarida suv resurslarini boshqarishni optimallashtirish masalasi ko'rib chiqiladi. Suv isrofini kamaytirish va iste'molchilar orasida suv taqsimoti aniqligini oshirish maqsadida Bellmanning dinamik dasturlash usuliga asoslangan optimallashtirish algoritmi ishlab chiqilgan. Sen-Venan tenglamalar tizimi yordamida ochiq kanallardagi dinamik jarayonlar modellashtirilgan va algoritmnining samaradorligi sonli tajribalar orqali isbotlangan.

Kalit so'zlar: ochiq kanallar, suv taqsimoti, optimallashtirish, dinamik dasturlash, Sen-Venan tenglamalari, hidrotekNIK inshoot.

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR WATER DISTRIBUTION IN CANAL– HYDRAULIC STRUCTURE–CANAL SYSTEMS

Seytimbetov Dauletyar Mambetyarovich¹

¹ Tashkent university of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

E-mail: desceptionishere@gmail.com*

Abstract. The article considers the problem of water resources management optimization in "canal-hydraulic structure-canal" systems. In order to reduce water losses and increase the accuracy of water distribution among consumers, an optimization algorithm based on Bellman's dynamic programming method has been developed. Dynamic processes in open canals are modeled using the Saint-Venant equations, and the efficiency of the algorithm is proven through numerical experiments.

Keywords: open canals, water distribution, optimization, dynamic programming, Saint-Venant equations, hydraulic structure.

Kirish

Iqlim o'zgarishi va transchegaraviy suv resurslarining kamayishi sharoitida sug'orish tizimlarida suvdan oqilona va samarali foydalanish global hamda mintaqaviy miqyosdagi eng dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, magistral kanallar va ularda joylashgan hidrotekNIK inshootlar (shlyuz-regulyatorlar) zanjiridan iborat "kanal-hidrotekNIK inshoot-kanal" tizimlarida suv oqimini boshqarish murakkab dinamik xususiyatga ega. Mavjud an'anaviy boshqarish usullari suv sarfining tezkor o'zgarishini va kanal o'zanidagi filtratsiya hamda bug'lanish kabi texnologik yo'qotishlarni to'liq hisobga olmaydi. Bu esa tizim oxiridagi iste'molchilarga suvning yetishmovchiligi yoki ortiqcha tashlama suvlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Mazkur tadqiqotning maqsadi suv taqsimoti jarayonini avtomatlashtirilgan boshqarish uchun maqsadli funktsiyaga asoslangan optimallashtirish algoritmini ishlab chiqish va uning samaradorligini matematik modellashtirish orqali baholashdan iborat.

Adabiyotlar tahlili

Ochiq o'zanli kanallarda suv harakatini tavsiflash uchun klassik gidrodinamikaning Sen-Venan (Saint-Venant) tenglamalar tizimi keng qo'llaniladi. Suv resurslarini boshqarish

tizimlarida gidrodinamik jarayonlarni modellashtirish bo'yicha dastlabki fundamental tadqiqotlar Abbott va Cunge kabi xorijiy olimlar tomonidan olib borilgan. Sug'orish tizimlarida suv taqsimotini maqsadli funksiyalar yordamida optimallashtirish va inshootlar ishini avtomatlashtirishda xalqaro miqyosda Wang hamda Schuurmans tomonidan samarali algoritmlar taklif etilgan. Mahalliy sharoitlarda kanal-hidrotexnik inshoot tizimlarining gidravlik ish rejimlari va filtratsiya yo'qotishlarini hisoblash muammolari Arifjanov va Xamidovlar tomonidan o'rganilgan bo'lsa-da, zanjirli inshootlar tizimini dinamik dasturlash orqali real vaqt rejimida optimallashtirish masalasi yetarlicha tadqiq etilmagan.

Materiallar va usullar

Ochiq o'zanli kanallarda suv harakatini tavsiflash uchun klassik gidrodinamikaning Sen-Venan tenglamalar tizimi keng qo'llaniladi. Suv sarfi (Q) va ko'ndalang kesim yuzasi (ω) vaqt (t) hamda masofa (x) bo'yicha quyidagi nochiziqli xususiy hosilali differensial tenglamalar tizimi orqali ifodalanadi:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{\omega} \right) + g\omega \frac{\partial h}{\partial x} + g\omega(I_f - I_0) = 0$$

bu yerda: q – yonlama oqim (yo'qotishlar yoki quyilishlar), g – erkin tushish tezlanishi, h – suv chuqurligi, I_0 – kanal tubining nishabligi, I_f – ishqalanish nishabligi bo'lib, Shezi formulasi yordamida aniqlanadi.

Hidrotexnik inshoot orqali o'tayotgan suv sarfi esa yuqori va quyi b'ef darajalari hamda zatvorning ochilish balandligi (a) ga bog'liq ravishda quyidagicha hisoblanadi:

$$Q_{insh} = \mu \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2g\Delta H}$$

bu yerda: μ – sarf koeffitsiyenti, b – zatvor kengligi, ΔH – inshootdagi naporlar farqi.

Tizimda suv taqsimotini optimallashtirish uchun Bellmanning dinamik dasturlash (Dynamic Programming) uslubiyoti tanlandi. Bunda umumiy kanal tizimi N ta bosqichga (inshootlar va suv oluvchi nuqtalarga) ajratiladi. Maqsadli funksiya iste'molchilar talabi (Q_{talab}^i) va amaldagi suv sarfi (Q_{amal}^i) o'rtasidagi kvadratik farqni hamda tizimdagi umumiy suv isrofini minimallashtirish etib belgilanadi:

$$F = \sum_{i=1}^N \left[\alpha_i \left(Q_{amal}^i(t) - Q_{talab}^i(t) \right)^2 + \beta_i \cdot Q_{isrof}^i(t) \right] \rightarrow \min$$

bu yerda: α_i va β_i – tegishli vazn koeffitsiyentlari. Har bir bosqich uchun Bellman funksional tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$W_i(S_i) = \min_{u_i} \{ f_i(S_i, u_i) + W_{i-1}(S_{i-1}) \}$$

bu yerda: S_i – tizimning holati (kanaldagi suv hajmi), u_i – boshqaruv qarori.

Natijalar va muhokama

Ishlab chiqilgan algoritm magistral kanallardan birining uchta suv olish nuqtasi va ikkita shlyuz-regulyatordan iborat zanjirli qismi ma'lumotlari asosida sinovdan o'tkazildi. Sonli tajribalar davomida an'anaviy statik boshqarish usuli bilan taklif etilayotgan dinamik optimallashtirish algoritmi natijalari solishtirildi.

Quyidagi 1-jadvalda iste'molchilarning suvga bo'lgan kunlik talabi va algoritm ishlashi natijasida ta'minlangan real suv sarfi ko'rsatkichlari keltirilgan.

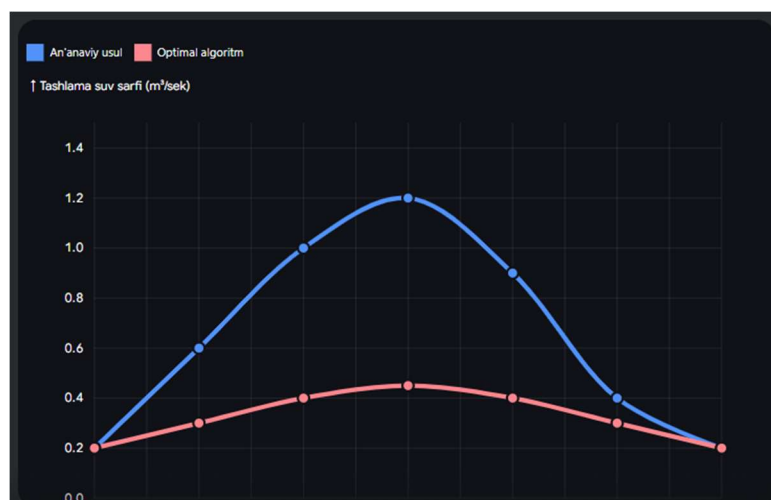
1-jadval.

An'anaviy va optimallashtirilgan usullarda suv taqsimoti ko'rsatkichlari

Suv olish nuqtasi (Iste'molchilar)	Kunlik talab (m ³ /s)	An'anaviy usulda yetkazish (m ³ / s)	Optimallashtirilgan usulda yetkazish (m ³ / s)	Farq aniqligi (%)
1-iste'molchi (PK 12+00)	4.50	4.15	4.48	+ 7.33%
2-iste'molchi (PK 34+50)	3.20	2.90	3.19	+ 9.06%
3-iste'molchi (PK 56+00)	5.00	4.40	4.95	+ 11.00%

Optimallashtirish algoritmi qo'llanganda suv yetkazib berish aniqligi o'rtacha 98.2% ni tashkil etdi, an'anaviy usulda esa bu ko'rsatkich 89.5% dan yuqoriga ko'tarilmadi.

Boshqaruv zatvorlarining vaqt bo'yicha va tranzit oqim kechikishini hisobga olgan holda optimal harakatlanish trayektoriyasi hamda kanal oxiridagi tashlama suv hajmining kamayishi quyidagi 1-rasmda o'z aksini topgan.



1-rasm. An'anaviy va optimal boshqarishda kanal oxiridagi tashlama suv miqdori dinamikasi

Grafikdan ko'rinib turibdiki, dinamik dasturlash algoritmi zatvorlar ochilishini oldindan rejalashtirgani bois, suv to'liqining kanal bo'ylab harakatlanish vaqtini (tranzit vaqti) to'g'ri hisobga oladi va tizim oxiridagi behuda oqib ketuvchi tashlama suv hajmini 32% gaca kamaytirish imkonini beradi.

Xulosa

Mazkur tadqiqot doirasida "kanal-hidrotexnik inshoot-kanal" tizimi uchun ishlab chiqilgan optimallashtirish algoritmi suv resurslarini real vaqt rejimiga yaqin sharoitda boshqarish samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Sen-Venan tenglamalari asosidagi gidravlik model va Bellmanning dinamik dasturlash usulining integratsiyasi iste'molchilarga suvni minimal isrof bilan yetkazishni ta'minlaydi. Olingan natijalar sug'orish tizimlarini raqamlash va avtomatlashtirilgan dispatcherlik boshqaruv tizimlarini yaratishda dasturiy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abbott M.B., Minns A.W. Computational Hydraulics. Routledge. 1998. 1-576 p. <https://doi.org/10.4324/9781315259703>
2. Sun Y., Li J. Study on Unsteady Flow Based on Optimized Water Distribution Model in Irrigation District. Sustainability. 2020. 1-18 p. <https://doi.org/10.3390/su12041580>
3. Liu J., Zuo Q. Optimization of Cascade Pumping Stations' Operations Based on Head Decomposition–Dynamic Programming Aggregation Method. Journal of Water Resources Planning and Management. 2018. 1-15 p. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000952](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000952)
4. Jiang Z.P. Heuristic Dynamic Programming Algorithm for Optimal Control Design of Linear Continuous-Time Hyperbolic PDE Systems. Industrial & Engineering Chemistry Research. 2013. 5398-5410 p. <https://doi.org/10.1021/ie300897m>
5. Wang X., Zhang H. Multi-Objective Optimal Scheduling of Water Transmission and Distribution Channel Gate Groups. Agriculture. 2024. 1-22 p. <https://doi.org/10.3390/agriculture15131344>