

Amirov Javohir Alisher o‘g‘li

**Guliston davlat pedagogika instituti, Pedagogika
fakulteti, 1-bosqich tayanch doktoranti (PhD)**

**TAKOMILLASHTIRILGAN MATEMATIK MODELLAR ASOSIDA SUV
RESURSLARINI IQTISOD QILGAN HOLDA ISTE’MOLCHILARGA
YETKAZIB BERISH TIZIMINI BOSHQARISH**

Annotatsiya: Maqolada suv resurslarini iqtisod qilgan holda iste’molchilarga optimal tarzda yetkazib berishni ta’minlovchi takomillashtirilgan matematik modellarni yaratish va ularni amaliyotga tatbiq etish masalalari ko‘rib chiqilgan. Irrigatsiya tizimi kanallarida suv taqsimotini samarali boshqarish uchun zamonaviy axborot texnologiyalari bilan uyg‘unlashgan statik, dinamik va taqsimlangan parametrli modellar tahlil qilinadi. Xususan, Sen-Venan tenglamalari asosidagi suv oqimi harakati modellari ishlab chiqilib, kanalning suv beruvchi punktlarida suvni diskret yetkazib berish mexanizmi chuqur o‘rganilgan. Kanalning boshqaruv tizimlarida gradiyent proyeksiyasi asosidagi optimal boshqaruv usullari taklif etilib, ularning fizik va texnologik cheklolar sharoitida qo‘llanish imkoniyatlari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari suv xo‘jaligi obyektlarining ekspluatatsiya rejimini matematik modellashtirish asosida nazorat qilish va boshqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Suv resurslari, irrigatsiya tizimi, matematik modellashtirish, suv taqsimoti, optimal boshqaruv, Sen-Venan tenglamalari, gradiyent proyeksiyasi, axborot tizimlari, suv xo‘jaligi obyektlari.

**Амиров Джавохир
Гулистанский государственный
педагогический институт,
педагогический факультет, базовая
докторант 1-го года обучения (PhD)**

**УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
С ЭКОНОМНЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ
УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы создания усовершенствованных математических моделей, обеспечивающих оптимальную подачу водных ресурсов потребителям при экономии воды и их практическое применение. Анализируются статические, динамические и распределенные параметрические модели в сочетании с современными информационными технологиями для эффективного управления распределением воды в каналах оросительной системы. В частности, были разработаны модели движения воды на основе уравнений Сен-Венана, а также

подробно изучен механизм дискретной подачи воды в водозaborные точки канала. Предложены оптимальные методы управления на основе проекции градиента в системах управления каналами и проанализирована их применимость в условиях физических и технологических ограничений. Результаты исследований будут способствовать повышению эффективности контроля и управления режимом работы водохозяйственных объектов на основе математического моделирования.

Ключевые слова: Водные ресурсы, оросительная система, математическое моделирование, водораспределение, оптимальное управление, уравнения Сен-Венана, градиентная проекция, информационные системы, водохозяйственные сооружения.

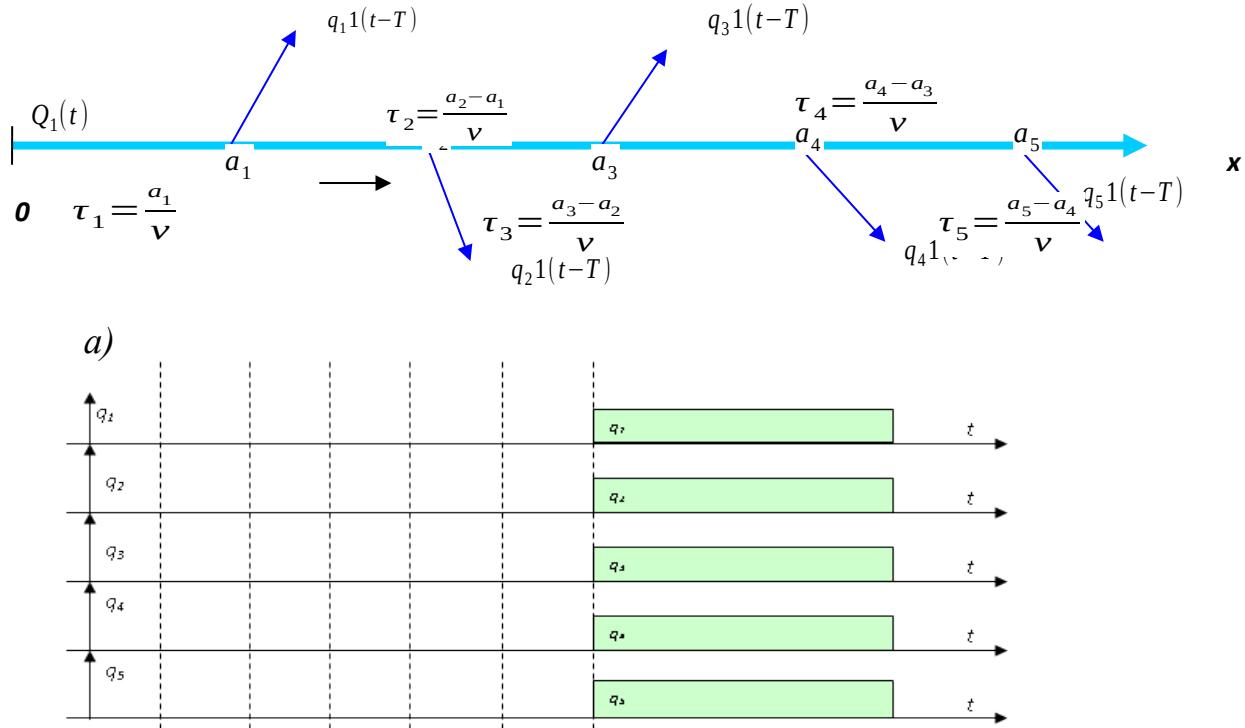
Hozirgi kunda suv resurslarini iqtisod qilgan holda iste'molchilarga yetkazib berishni optimal boshqarish masalasini hal qilishga, berilgan mezonlar asosida ularning ish rejimlarini zamonaviy axborot tizimlari bilan boshqarish orqali erishishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Bu borada, jahonning bir qator mamlakatlarida, jumladan AQSH, Fransiya, Ispaniya, Xitoy, Ukraina, Rossiya Federatsiyasi, Kirg'iziston va O'zbekistonda suv resurslarini iqtisod qilgan holda iste'molchilarga yetkazib berishda optimal boshqarishning matematik modellarini yaratish, ularning sifat mezonlari va usullarini, optimal boshqarishni ta'minlovchi zaruriy shartni ishlab chiqish va suv taqsimlashda zamonaviy axborot tizimlaridan foydalanib suv xo'jaligi obyektlarining ish rejimlarini nazorat qilish, hisob olib borish orqali optimal boshqarish masalalarini yechish usullarini ishlab chiqishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda suv resurslarini iste'molchilarga yetkazib berishda suv xo'jaligi obyektlari, daryolar, magistral kanallar, irrigatsiya tizimi kanallari va suv omborlarining ish rejimlarini zamonaviy axborot tizimlari orqali optimal boshqarish ko'rsatkichlarini matematik modellarini yaratish, sifat mezonlari hamda usullarini ishlab chiqish va ularni takomillashtirishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, jumladan optimal boshqarish usullari, sifat mezonlari, matematik modellar va algoritmlarga asoslangan suvni iqtisod qilgan holda iste'molchilarga diskret yetkazib berish sharoitida suv xo'jaligi obyektlarida suv taqsimlashni gradiyent proyeksiyasi orqali optimal boshqarishning usullarini ishlab chiqishni ilmiy asoslash zarur masalalardan biri hisoblanadi.

Suv xo'jaligi obyektlari katta fazoviy kenglikka ega bo'lib, texnologik va texnik parametrlar majmuasi hisoblanadi, faqatgina matematik modellashtirishning usullari yordamida suv xo'jaligi obyektlarining ekspluatatsiya davrida miqdoriy va sifat mezonlari xarakteristikalarini aniqlash mumkin.

Hozirgi kunda suv xo'jaligi obyektlarining dinamikasini modellashtirishning yagona tizimli usuli mavjud emas, faqatgina alohida obyektlarning har xil murakkablik darajasidagi matematik modellari mavjud. Shuning uchun suv xo'jaligi obyektlarida suvni yetkazib berish va suv taqsimlash jarayonlarini kerakli darajadagi aniqlik bilan ko'rsatuvchi matematik modelini tanlash muammo bo'lib kelmoqda.

Irrigatsiya tizimlari kanallarini boshqarish modellarini uch xil turlari mavjud: statik modellar, aniq parametrli dinamik modellar va taqsimlangan parametrli dinamik modellar. Ushbu modellar o‘zaro kiruvchi parametrlari, qiymati, boshlang‘ish ma’lumotlari va natijalarining detallashish darajasi bilan farqlanadi.



b)

1-rasm. Kanalda suvni diskret yetkazib berish

Suvdan foydalanuvchilarga suvni diskret yetkazib berish sharoitida irrigatsiya tizimlari kanallarining matematik modellarini ishlab chiqildi. Besh suv oluvchi nuqtalari bor kanalning qismini ko‘rib chiqamiz (1-rasm, a) va 6). Suv berishning diskretligini hisobga oluvchi suv taqsimlash masalasini har bir suv olish nuqtasi uchun T vaqtida qi suv hajmini ta’minalash, ya’ni ushbu kanal qismida minimal tarzda suv to‘lqinlanishidagi suv iste’molining ketma-ket o‘zgarishi masalasi sifatida ko‘rib chiqishimiz mumkin.

Biz tomonimizdan kanal qismida Sen-Venan differensial tenglamalar sistemasi orqali ifodalanuvchi, energiyaning saqlanish qonunlari shaklida yozilgan suv oqimining notekis harakatining to‘liq modeli ishlab chiqildi.

$$B \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q, \quad \frac{1}{g\omega} \left(\frac{\partial Q}{\partial t} + 2v \frac{\partial Q}{\partial x} \right) + \left[1 - \left(\frac{v}{c} \right)^2 \right] \frac{\partial z}{\partial x} = \left[i + \frac{1}{B} \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)_{h=const} \right] \left(\frac{v}{c} \right)^2 - \frac{Q|Q|}{K^2} \quad (1)$$

$$v = \frac{Q}{\omega}, \quad c = \sqrt{\frac{g\omega}{B}}$$

Bu yerda $v = \frac{Q}{\omega}$, $c = \sqrt{\frac{g\omega}{B}}$, $Q = Q(x, t)$ – suv iste’moli; $z = z(x, t)$ – bo’sh maydon ordinatasi; g – gravitatsion doimiy; i – daryo osti nishabligi; $B = B(z)$ – kesim maydonidagi oqimning kengligi; $\omega = \omega(z)$ – oqimning kesim maydoni; $c = c(z)$ – kichik to‘lqinlarning tarqalish tezligi; $K = K(z)$ – suv sarfi moduli.

Oqimni belgilovchi funksiyalar sifatida sarf $Q(x,t)$ va bo'sh sirtqi maydonning ordinatasi $z(x,t)$ олинди. Mustaqil o'zgaruvchilar bu uzunlama koordinata x va vaqt t .

Kanalning osti ordinatasi $z_0(x)$ va vertikal kanal ostidan z masofadagi teskari kesishning kengligi $B(x,t)$ bilan beriladi.

Shunda: oqim chuqurligi: $h(x,t) = z(x,t) - z_0(x)$; oqimning teskari kesim maydoni: $\omega(x,h) = \int_0^h B(x,z) dz$; oqimning o'rtacha tezligi: $v = Q/\omega$; kichik to'lqinlar tarqalish tezligi: $c = \sqrt{g\omega/B}$; daryo osti qiyaligi $i = -dz_0/dx$.

(1) tenglamalarning xarakteristik formasi quydagi ko'rinishga ega

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + (v \pm c) \frac{\partial Q}{\partial x} - B(v \mp c) \left[\frac{\partial z}{\partial t} + (v \pm c) \frac{\partial z}{\partial x} \right] = \left(\phi - \frac{Q|Q|}{K^2} \right) g\omega - (v \mp c) q. \quad (2)$$

$$\phi = \left[i + \frac{1}{B} \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)_{h=const} \right] \left(\frac{v}{c} \right)^2$$

Bu yerda B shartlar ushbu ko'rinishda beriladi

$$z(x,0) = z_0(x), \quad Q(x,0) = Q_0(x), \quad (3)$$

Bu yerda: $Q_0(x)$, $z_0(x)$ -ma'lum funksiyalar.

$x_1=0$ va $x_2=l$ nuqtalarida chegaraviy shartlari quyidagi ko'rinishda yoziladi.

$$Q(0,t) = u_1(t), \quad Q(l,t) = u_2(t) \quad (4)$$

Kanalning suv olish punktlarida suv sarfi, tenglamaning o'ng qismi (2) suv taqsimlanishining diskretligi sharoitida quyidagi ko'rinishga ega

$$q(x,t) = - \sum_{i=1}^5 q_i \delta(x - a_i) I(t-T). \quad (5)$$

Tenglamaning analitik yechimi (2) boshlang'ich va so'nggi shartlarda mavjud emas, sababi suv oqimining gidravlik parametrlari teskari kesishning shakliga bog'liq chizikli bo'lмаган funksiya hisoblanadi.

Yon suv olish nuqtalari ifodasidan (5) ko'rrib turibdiki, iste'molchilarga stupenchatiy funksiya shaklida vaqtida diskret suv yetkazib berishni ta'minlanadi. Stupenchatiy funksiyalarda suvni oqilona taqsimlash masalasini yechish uchun iste'molchilarga suvni diskret yetkazib berish sharoitida irrigatsioya tizimi kanallarida suv taqsimlashning sifat mezonlarini va cheklovlar tizimini ishlab chiqish zarur.

Kanalning qismini boshqarish sifat mezonlari tarmoqlangan parametrarga ega tizim sifatida integrallashgan funksionallar yig'indisi ko'rinishida yoziladi.

$$I = \int_0^T \int_0^L F_1(x,t, Q(x,t), u(x,t)) dx dt + \int_0^T F_2(t, Q(0,t), u_1(t)) dt + \int_0^T F_3(t, Q(L,t), u_1(t)) dt + \int_0^L F_4(x, Q(x,T)) dx, \quad (6)$$

Bu yerda F_i , $i=1,\dots,4$ –o'z argumentlariga ega berilgan uzluksiz funksiyalar, bunda birinchi qismi tarmoqlangan boshqaruv ta'sirlar uchun mezonlar, ikkinchi va

uchinchi – chegaraviy boshqaruvarlar, to‘rtinchi esa – boshqaruv jarayonining yakuniy holatlari.

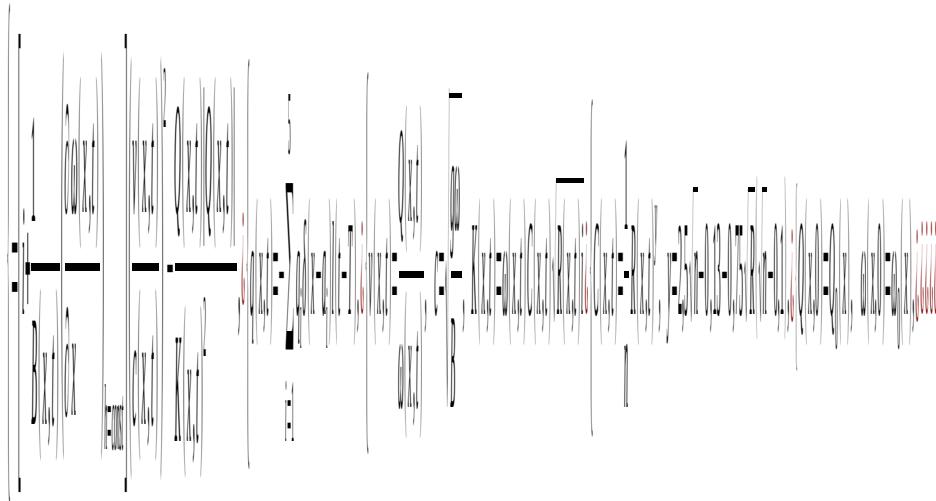
Kanal qismida aniqlanmagan oqimning to‘liq modeli uchun irrigatsion tizimlarning kanallarida suvni oqilona taqsimlash masalasi qo‘yilgan. Masalaning asosiy maqsadi yon suv olish punktlarida suv sarfining va kanal boshida suv sarfini boshqarish orqali kanal qismidagi suv balandligining o‘zgarishini kamaytirish.

$$I = \left(\int_0^T \int_0^l [z(x,t) - z^*]^2 dx dt + \sum_{j=1}^N \int_0^T (q_j(t) - q_j^*)^2 dt \right) \rightarrow \min$$

$$\Omega = \{R^N | Q_{\min} \leq Q(x,t) \leq Q_{\max}\}$$
(7)

Qo‘yidagi shartlarda

$$\left\{ B(x,t) \frac{\partial z(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial Q(x,t)}{\partial x} = q(x,t), \dots \right.$$
(8)



Boshqaruvchi ta’sir

$$Q(0,t) = Q_1(t), \quad Q(l,t) = Q_2(t),$$
(9)

Kanal qismining ish tartibiga cheklovlar quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi

$$z_i^{\min} \leq z_i(x_i, t) \leq z_i^{\max},$$

$$Q_i^{\min} \leq Q_i(x_i, t) \leq Q_i^{\max}.$$
(10)

(8) шароитдаги Минимизация масаласи (7), (9) бошқарув таъсирида ва (10) чекловлар шароитида тармоқланган параметрли квазилинеар тизимларни бошқариш масаласидир. Канал қисмида сув оқимининг ноаниқ ҳаракатининг тўлиқ модели сув оқимининг барча асосий гидравлик хусусиятларини ҳисобга олади.

Suv resurslarini iqtisod qilgan holda iste’molchilarga yetkazib berish bugungi kundagi eng dolzarb ekologik, iqtisodiy va texnologik muammolardan biri bo‘lib, uni hal qilishda zamonaviy axborot texnologiyalari, optimal boshqaruv modellarini ishlab

chiqish va joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Jahon miqyosida, xususan AQSH, Fransiya, Xitoy, Rossiya, O'zbekiston kabi mamlakatlarda suv xo'jaligi obyektlarining ish rejimlarini boshqarish samaradorligini oshirish maqsadida matematik modellar, sifat mezonlari va optimal boshqaruv algoritmlari asosida keng ko'lamli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Suv taqsimoti va uni diskret yetkazib berish masalalari, ayniqsa irrigatsiya tizimlarida, kompleks va fazoviy jihatdan murakkab obyektlar bo'lgan suv xo'jaligi inshootlarini zamonaviy boshqaruv tizimlari bilan uyg'unlashtirishni talab etadi. Bu esa har bir suv oluvchi nuqtada belgilangan vaqt oralig'ida kerakli suv hajmini ta'minlash bilan birga, butun irrigatsiya tizimi bo'ylab suv to'lqinlanishini minimal darajada ushlab turishni taqozo etadi.

Bunda kanal tarmoqlarida suvni diskret yetkazib berishga mo'ljallangan matematik modellar, jumladan gradiyent proyeksiyasi asosidagi optimal boshqaruv usullari, irrigatsiya tizimi bo'ylab samarali suv taqsimlashni nazorat qilish imkonini beradi. Ushbu modellar irrigatsiya tarmog'idagi har bir suv beruvchi nuqtaning xususiyatlarini inobatga olib, boshqaruv qarorlarini qabul qilishda real vaqtli axborot tizimlari bilan integratsiyalashuvni ta'minlaydi.

Shuni ta'kidlash lozimki, hozirgi kunda suv xo'jaligi tizimlari dinamikasini to'liq ifodalovchi yagona model yo'q, aksincha turli murakkablik darajasiga ega bo'lgan statik, aniq parametrli dinamik va taqsimlangan parametrli modellar mavjud bo'lib, har biri alohida holatlar uchun qo'llaniladi. Shu sababli, optimal boshqaruv uchun irrigatsiya tizimlarining fizik va texnologik xususiyatlariga mos modelni tanlash va uni yuqori anqlikda ishlovchi axborot texnologiyalari bilan uyg'unlashtirish zarurdir. Umuman olganda, suv resurslarini boshqarishdagi hozirgi yondashuvlar fan-texnika taraqqiyoti bilan chambarchas bog'liq bo'lib, takomillashtirilgan matematik modellar, raqamli texnologiyalar va optimal boshqaruv algoritmlarini birgalikda qo'llash orqali suvdan oqilona va samarali foydalanishga erishish mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YHATI

1. A.Haydarov, F.A.Kabiljanova, A.S.Matyakubov. Matematik modellashtirish asoslari. O'quv qo'llanma. Toshkent: Universitet, 2023, 168 bet.
2. Рахимов Ш.Х., Гафаров Х.И., Сейтов А.Ж. Математические модели каналов ирригационных систем учитывающие дискретность водоподачи //II Международная научно-практическая конференция –Тараз, 2016 С.239-245.
3. Рахимов Ш.Х., Сейтов А.Ж., Имомов Ш.Н., Шербаев М.Р., Алгебраический подход к моделированию и оптимизации процессов водоподачи на крупных насосных станциях. Международной научно-практической конференции – Ташкент, 2017.
4. Seytov, A., Abdurakhmanov, O., Kakhkhvorov, A., Karimov, D., & Abduraimov, D. (2024). Modeling of two-dimensional unsteady water movement in open channels. In E3S Web of Conferences (Vol. 486, p. 01023). EDP Sciences.
5. Mamatov, A., Bakhramov, S., Abdurakhmonov, O., & Abduraimov, D. (2023, October). Mathematical model for calculating the temperature of cotton in a direct-

- flow drying drum. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2746, No. 1). AIP Publishing.
- 6. Usmonov, N. M. (2024). MAPLE PAKETI ORQALI ODDIY VA XUSUSIY HOSILALI DIFFERENSIAL TENGLAMALARINI YECHISH. Экономика и социум, (12-2 (127)), 928-935.
 - 7. Usmonov, N. M. (2022). KOMPLEKS ARGUMENTLI TRIGONOMETRIK VA GIPERBOLIK FUNKSIYALAR. Вестник магистратуры, (6-3 (129)), 4-6.
 - 8. Kalandarov, A., Kalandarov, A., Abduraimov, D., & Anorbayev, M. (2024, November). Mathematical model of the coupled problem of thermoelasticity in stresses. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3244, No. 1). AIP Publishing.